

# HANDBUCH DER GESAMTEN KAUTSCHUKTECHNOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON  
ERNST A. HAUSER





E. A. HAUSER  
HANDBUCH DER GESAMTEN  
KAUTSCHUKTECHNOLOGIE

BAND I



THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY



# HANDBUCH DER GESAMTEN KAUTSCHUKTECHNOLOGIE

UNTER MITWIRKUNG VON

Dr. H. W. Albu, Hamburg / Dr. P. Alexander, Berlin / Dr. W. Alexander, Altona-Blankenese /  
Dr. R. C. Benner, Niagara Falls N.Y. / S. A. Brazier, M.Sc., F.I.C., F.I.R.I., Birmingham /  
R. P. Dinsmore, Akron, Ohio / Dr. St. Dorogi, Albertfalva / Dir. M. Draemann, Köln /  
J. Driscoll, Manville N.Y. / Dr. A. Engelhardt, Frankfurt a.M. / Dr. A. Fischer, Frank-  
furt a. Main / Prof. Dr. F. Frank, Berlin / Dr. F. Gabor, Budapest / L. Gaismann, F.I.R.I.,  
Audenshaw - Manch. / Dir. Ing. L. Herzl, Traiskirchen / K. Hesse, Berlin / Dr. H. Kassner,  
Wimpassing / Dr. F. F. Kirchhof, Harburg-Elbe / Dr.-Ing. P. Kluckow, Wittenberg / Colin Mac-  
beth, M.I.A.E., M.S.A.E., F.I.R.I., Birmingham / O. L. Mahlmann, Niagara Falls, N.Y. /  
J. Marconnet, Montreuil / W. Münzinger, Heidelberg / Dr.-Ing. H. Pahl, Düsseldorf /  
W. I. Perry, London / W. H. Reece, B.Sc. (Engl.), A.I.C., A.I.R.I. (Sc.), Leyland / R. A. Schatzel,  
Rome, N. Y. / Slazengers Ltd., London / Dipl.-Ing. Dr. J. Talalay, London / Senator F. Thiele,  
Leipzig / E. Vossen, Köln-Nippes / Dr. E. Wurm, Hannover

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ERNST A. HAUSER

MIT 1066 ABBILDUNGEN UND VIELEN TABELLEN  
SOWIE AUSFÜHRLICHEM NAMEN- UND SACHREGISTER

BAND I



UNION DEUTSCHE VERLAGSGESELLSCHAFT BERLIN





127396

Alle Rechte vorbehalten / Nachdruck, auch auszugsweise, verboten / Copyright  
1935 by Union Deutsche Verlagsgesellschaft Zweigniederlassung Berlin / Ver-  
antwortlich für die Anzeigen: Max Schreiber, Berlin-Tempelhof / M.A. 1100 /  
Printed in Germany / Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft Zweig-  
niederlassung Berlin SW 19

D1643109



## VORWORT UND EINLEITUNG

Die Gummi-Industrie hat in den letzten Jahrzehnten einen so außerordentlichen Aufschwung genommen bzw. eine so starke Erweiterung ihrer Interessensphären gefunden, daß der einzelne nicht mehr in der Lage ist, das gesamte Gebiet bis in die kleinsten Details so zu beherrschen, wie es beispielsweise zu Anfang unseres Jahrhunderts vielleicht dem einen oder anderen doch noch möglich war. Die Verwendung von Kautschuk hat aber auch, von der eigentlichen Gummi-Industrie abgesehen, in den letzten Jahren auf Gebiete und Industrien übergreifen, die bis dahin der Verarbeitung dieses einzigartigen Naturkolloids vollkommen ferngestanden haben. Es ist daher nur allzu begreiflich, daß der Wunsch nach einem zusammenfassenden Werk, in dem wirklich alle Gebiete, auf denen Kautschuk heute Anwendung findet, erfaßt werden, immer stärker wurde, um hierdurch nicht nur den Außenstehenden die Möglichkeit zu geben, sich rasch über das Problem der Kautschukverarbeitung im allgemeinen zu orientieren, sondern um auch dem selbst in der Praxis stehenden Chemiker oder Ingenieur die Verarbeitungsmethoden und -möglichkeiten, die seinem speziellen Arbeitsgebiet ferner liegen, zu erläutern und näherzubringen.

Es ist daher nicht zu verwundern, daß dieser Gedanke von den verschiedensten Seiten aufgegriffen und besprochen worden ist. Es ist aber das ausschließliche Verdienst der rührigen Leitung der Union Deutsche Verlagsgesellschaft, diesen Gedanken in die Tat umgesetzt zu haben und durch Herausgabe des vorliegenden Werkes den sehnlichen Wunsch vieler Kautschukfachleute verwirklicht zu haben. Hierfür ist ihr der Dank der gesamten Fachwelt gewiß.

An dieser Stelle sei aber auch unserer allzufrüh verstorbenen Kollegin Frl. Dr. Marianne Pieck gedacht, der wir als Mitarbeiterin des Verlages die erste positive Vorarbeit für das Zustandekommen dieses Handbuches verdanken.

Eine Schwierigkeit, die sich vor allem dem Herausgeber eines derartig umfassenden Handbuches entgegenstellt, ist die Frage der Mitarbeiterschaft. Ich habe mich bei der Auswahl der Mitarbeiter vor allem von dem Gedanken leiten lassen, daß das vorliegende Werk überhaupt nur dann die schwer empfundene Lücke unserer Fachliteratur auszufüllen imstande sein wird, wenn es dem Leser die einzelnen Abschnitte aus der Feder von auf den jeweiligen Spezialgebieten anerkannten Fachleuten wiedergibt. Wenn die deutsche Kautschukindustrie auch mit berechtigtem Stolz auf ihre Nachkriegsentwicklung zurückblicken darf, in der sie bewiesen hat, daß sie die durch den Krieg verlorengegangene Position nicht nur wieder erringen konnte, sondern darüber hinaus, insbesondere



auf wissenschaftlichen Gebieten, bahnbrechende neue Forschung geleistet hat, so würde es eine Vogel-Strauß-Politik betreiben heißen, wenn wir die Leistungen und Forschungen der anderen Nationen als nicht existierend ansehen würden. Ich glaube daher mit gutem Gewissen behaupten zu können, daß die Wahl der Mitarbeiter der Entwicklung der einzelnen Spezialgebiete weitgehend Rechnung trägt.

Eine weitere Schwierigkeit, mit der bei der Abfassung derartiger Werke bis vor kurzem mit Sicherheit zu rechnen war, ist die in der Gummi-Industrie geübte Geheimhaltung der von den einzelnen Werken angewandten Methoden, Mischvorschriften u. dgl. Ich glaube, daß der Leser dieses Werkes mir beipflichten wird, daß dieses Stadium dank der durch die fortschreitende Technik und Wissenschaft zunehmenden Standardisierung unserer Industrie als weitgehend überwunden bezeichnet werden kann.

Die einzelnen Abschnitte enthalten, dem Leitgedanken des Buches entsprechend, durchweg allgemeinverständliche Darlegungen und Erläuterungen der jeweiligen Verarbeitungsmethoden und gleichzeitig entsprechende Hinweise auf Mischvorschriften, die gewissermaßen als Richtlinien gelten können. Selbstverständlich darf und kann man bei einer derartigen Darstellung nicht erwarten und verlangen, daß eine Reproduktion der Angaben sofort zu einem Produkt maximal möglicher Qualität führt, denn es gehört ja außer den Arbeitsvorschriften und Mischrezepten usw. eine vielfach langjährige praktische Erfahrung dazu, um Produkte der Qualität zu erzeugen, wie sie heute das eine oder andere Unternehmen auf diesem oder jenem Spezialgebiet auf den Markt bringt. Zu versuchen, diese Erfahrungen wiederzugeben, wäre ein sinnloses Unterfangen, da sie ja vielfach gar nicht in Worten wiederzugeben sind, sondern in der Mehrzahl der Fälle auf besonderer Geschicklichkeit der Arbeiter usw. beruhen. Wenn daher der Leser aus den einzelnen Abschnitten nur die jeweiligen Grundideen und Grundregeln der modernen Kautschukverarbeitung entnehmen kann, oder besser gesagt, in die Lage versetzt wird, sich ein lebendiges Bild der einen oder anderen Verarbeitungsmethode, ihrer Schwierigkeiten und wie diese überwunden werden können, machen kann, wenn er in die Lage versetzt wird, schwerwiegende Fehler von vornherein auszuschalten, dann ist der eigentliche Zweck dieses Handbuches erfüllt.

Ich bin mir vollkommen darüber im klaren, daß manches an dem Handbuch zu kritisieren, zu verbessern und zu ergänzen wäre. So ist es bei der großen Zahl der Mitarbeiter praktisch unmöglich, eine zweifellos wünschenswerte Einheitlichkeit der Darstellungsweise zu erzielen, ebenso wie mitunter Überschneidungen und Wiederholungen nicht ganz zu vermeiden waren.

Ich möchte diese einleitenden Worte nicht abschließen, ohne insbesondere allen Mitarbeitern meinen aufrichtigsten Dank für ihre Hilfe und für ihre Bereitwilligkeit, die einzelnen Abschnitte zu übernehmen, auszusprechen, ohne die an ein Zustandekommen dieses Handbuches gar nicht zu denken gewesen wäre. Mein besonderer Dank gebührt ferner der Union Deutsche Verlagsgesellschaft, die keine Mühe und Kosten gescheut hat, um das Werk in der vorliegenden mustergültigen Aufmachung herauszubringen, wobei ich insbesondere der außerordentlichen Arbeit gedenken möchte, die der einwandfreien Wiedergabe der zahlreichen Abbildungen galt. Auch den Herren, die sich der Mühe unterzogen, einige der Abschnitte fachmännisch zu übersetzen, sei hier besonders gedankt. Schließlich möchte ich nicht verfehlen, auch noch all denen zu danken, die mir bei der Übersetzung eines großen Teiles der Abschnitte, beim Lesen der Korrekturen und bei der Fertigstellung des Handbuches mit Rat und Tat geholfen haben.

Wien, im Dezember 1934

Ernst A. Hauser





# INHALTSVERZEICHNIS I. BAND

CHEMISCHE KAUTSCHUKPRÜFUNG Von Prof. Dr. Fritz Frank, Berlin	1
Zur Einführung . . . . .	1
Die Werksabteilung Laboratorium . . . . .	2
<b>I. Das chemische Laboratorium als Prüffeld für Rohstoffe usw.</b> . . . . .	<b>2</b>
<b>A. Der Rohkautschuk</b> . . . . .	<b>3</b>
1. Rohkautschuk in fester Handelsform . . . . .	3
Durchschnittsmuster . . . . .	3
a) Mechanische Verunreinigungen und in Wasser lösliche Stoffe .	4
b) Wasserbestimmung . . . . .	4
c) Asche . . . . .	4
d) Stickstoffbestimmung . . . . .	5
e) Wasserlösliche Anteile und Fremdstoffe . . . . .	6
f) Verhalten gegen Quellungs-(sogen. Lösungs-)mittel . . . . .	6
g) In Azeton lösliche Bestandteile . . . . .	7
h) Bewertung des Rohkautschuks durch Verarbeitungsversuche . .	9
2. Kautschuk-Latex . . . . .	9
Die analytische Prüfung des Latex im Betriebslaboratorium der Gummiwarenfabrik . . . . .	10
a) Spezifisches Gewicht . . . . .	10
b) Gehalt an Rohkautschuk . . . . .	10
c) Art und Gehalt an Präservierungsmitteln . . . . .	11
d) Verseifbares im Latex . . . . .	12
e) Viskositätsbestimmung des Latex . . . . .	12
f) Die Prüfung auf allgemein schädlich wirkende Fremdstoffe . .	12
<b>B. Zusatzstoffe zum Aufbau und Hilfsstoffe für die   Herstellung der Kautschukwaren</b> . . . . .	<b>13</b>
Zusatz- und Aufbaustoffe . . . . .	13
a) Stoffe des Mineralreiches . . . . .	13
1. Metalle . . . . .	13
2. Pulverförmige mineralische Aufbau- und Farbstoffe . . . . .	14
b) Organische Stoffe . . . . .	14
c) Allgemeines über die Arbeitsweisen der Untersuchung . . . . .	15
d) Einzelne allgemein gebräuchliche Arbeitsmethoden und Geräte .	16
1. Spezifisches Gewicht fester und flüssiger Körper . . . . .	16
2. Feuchtigkeitsgehalt bzw. Verhalten beim Trocknen einer Sub- stanzmenge auf 105° . . . . .	17
3. Erwärmen auf 150° . . . . .	18
4. Verhalten beim Glühen . . . . .	18
5. Verhalten beim Auskochen mit Wasser . . . . .	18
6. Allgemeine Untersuchung auf Schädlinge, wie Kupfer, Man- gan und lösliche Eisensalze . . . . .	18
a) Die Bestimmung des Kupfers . . . . .	19
β) Die Bestimmung des Mangans . . . . .	20
γ) Wasserlösliche Eisensalze . . . . .	20
7. Zähigkeitsbestimmungen (Viskosität) . . . . .	21
8. Flammpunktbestimmung . . . . .	22
9. Erweichungs- und Erstarrungspunkt . . . . .	24
10. Siedeverhalten . . . . .	25



C. Stoffe, die eine besondere Untersuchung verlangen . . . . .	27
1. Faktis . . . . .	27
a) Weißer Faktis . . . . .	28
$\alpha$ ) Feststellung wasserlöslicher Stoffe . . . . .	28
$\beta$ ) Bestimmung des Schwefels und Chlors . . . . .	28
$\gamma$ ) Freie Öle und zur Verfestigung nicht genügend geschwefelte und chlorgeschwefelte fette Öle . . . . .	28
b) Brauner Faktis . . . . .	29
Wertbestimmung des braunen Faktis . . . . .	29
2. Ruß (Lamp-black) . . . . .	30
3. Zinkoxyd . . . . .	32
4. Titanoxyd . . . . .	32
5. Zinnober . . . . .	32
6. Andere organische und mineralische Aufbau- und Zusatzstoffe . . . . .	33
Allgemeines . . . . .	33
a) Asphalte, auch Mineral-Rubber genannte Bitumina . . . . .	33
b) Steinkohlenteerpech . . . . .	33
c) Paraffin, Ceresin und Vaseline . . . . .	34
d) Holzteer (Pine tar) . . . . .	34
e) Organische Farbstoffe . . . . .	34
f) Regenerierter Kautschuk . . . . .	35
Bestimmung des freien Kohlenstoffs im Regenerat usw. . . . .	36
7. Vulkanisationsmittel . . . . .	37
a) Schwefel . . . . .	38
Bestimmung des Feinheitsgrades nach Chancel . . . . .	39
b) Schwefelchlorür . . . . .	40
c) Weitere Vulkanisationsmittel . . . . .	41
Goldschwefel-Antimonpentasulfid . . . . .	42
d) Selen und Selenoxyd . . . . .	43
D. Hilfsstoffe . . . . .	43
a) Die Beschleuniger . . . . .	44
b) Erweichungs- und Homogenisierungsmittel . . . . .	47
c) Alterungsschutzmittel und Antioxydantien . . . . .	48
d) Lösungsmittel . . . . .	49
$\alpha$ ) Benzin . . . . .	49
$\beta$ ) Die Benzole . . . . .	50
1. Gereinigtes 90er Benzol 50, 2. Farbenbenzol 50, 3. Reinenzol 50, 4. Gereinigtes Toluol 51, 5. Gereinigtes Xylol 51, 6. Gereinigtes Lösungsbenzol I 51, 7. Gereinigtes Lösungsbenzin II 51 . . . . .	
e) Öllacke und andere Überzugsmittel . . . . .	52
f) Textilstoffe . . . . .	53
Anhang . . . . .	53
1. Guttapercha . . . . .	53
a) Die Bestimmung des Harzgehaltes . . . . .	54
b) Die Bestimmung des Erweichungspunktes . . . . .	56
c) Die außer dem Erweichungspunkt wichtigen mechanischen und physikalischen Prüfungen . . . . .	56
2. Balata . . . . .	56
II. Das chemische Laboratorium als Prüffeld für Fertigwaren. (Die rein analytische Prüfung von Kautschukwaren und die Einzelheiten der Ausführungsformen) . . . . .	57
A. Allgemeines . . . . .	57
B. Die Tabellen für den Analysengang . . . . .	60
C. Die Ausführungsweisen zu den Gruppen- und Einzelarbeiten . . . . .	60

1. Herstellung eines Durchschnittsmusters . . . . .	60
2. Das Trocknen der Durchschnittsprobe . . . . .	60
3. Bestimmung des Gesamtstickstoffes . . . . .	61
4. Bestimmung der wasserlöslichen Anteile (R) . . . . .	61
5. Aschenbestimmung und qualitative Analyse der mineralischen Aufbaustoffe . . . . .	62
6. Quantitative Bestimmung des Gesamtschwefels usw. . . . .	62
a) Alte Methode Henriques (Salpetersäure-Aufschluß und nachfolgende Soda-Salpeterschmelze) . . . . .	63
b) Schwefelbestimmung nach Rothe (R) . . . . .	64
c) Schwefelbestimmung nach Kahane . . . . .	65
d) Die Arbeitsweise Grote und Krekeler . . . . .	66
e) Methoden von Konek und Pennock Morton . . . . .	66
f) Methode nach Butironi . . . . .	66
g) Methode nach Saladini . . . . .	66
7. Bestimmung des Chlors . . . . .	67
8. Bestimmung des Selens . . . . .	67
9. Bestimmung des an Metalle gebundenen Schwefels . . . . .	68
10. Die Bestimmung der in Salzsäure löslichen Mineralbestandteile . . . . .	69
11. Die Bestimmung der Kohlensäure . . . . .	69
12. Die Extraktion der Muster mit Lösungsmitteln . . . . .	70
a) Extraktion mit Azeton . . . . .	70
b) Extraktion mit Chloroform . . . . .	74
13. Extraktion mit $\frac{1}{2}$ -n-alkoholischer Kalilauge zur Faktisbestimmung	75
a) Normalmethode . . . . .	75
b) Modifikation der Faktisbestimmung . . . . .	76
c) Stoffe, die nur teilweise in Azeton löslich und nur teilweise durch alkoholisches Kali verseifbar sind . . . . .	76
14. Direkte Bestimmung der Mineralbestandteile und Füllstoffe, mit Ausnahme der in Azeton löslichen und des Faktis . . . . .	77
a) Methode Frank-Marckwald . . . . .	77
b) Hinrichsen-Manasse . . . . .	78
c) Frank-Marckwald . . . . .	78
d) Aufschluß mit Paraffinöl . . . . .	79
15. Weitere indirekte Verfahren zur Ermittlung des Kautschukgehaltes . . . . .	79
16. Besondere Bestimmungsmethoden . . . . .	80
a) Zur quantitativen Bestimmung der Mineralbestandteile allgemein . . . . .	80
b) Direkte Bestimmung von Zinnober und Goldschwefel in Kautschukmischungen . . . . .	81
c) Zur Cellulosebestimmung (R 15) . . . . .	82
1. Kupferoxydammoniakmethode . . . . .	82
2. Acetylisierungsmethode . . . . .	82
d) Leimbestimmung (R 13) . . . . .	83
17. Direkte Bestimmung von Rohkautschuk in Mischungen, Halb- und Ganzfabrikaten, It-Platten u. dgl. . . . .	83
<b>Die Ausführung der Gesamtanalyse . . . . .</b>	<b>83</b>
A. Allgemeines im Analysengang . . . . .	83
B. Die Interpretation der Analysenwerte nach den Tabellen und Individualwerten . . . . .	85
<b>Anhang zu den analytischen Arbeiten . . . . .</b>	<b>86</b>
A. Allgemeines und Einzelheiten zur Analyse vorher nicht genannter Arbeiten . . . . .	86
1. Der Vulkanisationskoeffizient . . . . .	86
2. Analyse von Kautschukstoffen . . . . .	86
3. Analyse von Lösungen und Pasten, von Kautschuk und Kautschukmischungen . . . . .	87
4. Das spezifische Gewicht von Kautschuk und Kautschukwaren . . . . .	88



B. Weitere chemisch-physikalische Prüffelder . . . . .	88
1. Mikroskopische Prüfung von Kautschuk und Kautschukwaren . . .	89
2. Prüfung der Kautschukwaren auf ihre Gebrauchsfähigkeit . . . .	90
a) Säurebeständigkeit . . . . .	90
b) Untersuchung von vulkanisierten Dichtungsringen für Kon-	
serven usw. . . . .	90
c) Laugenbeständigkeit und Ammoniakbeständigkeit . . . . .	91
d) Die Beständigkeit gegen Salze . . . . .	91
e) Die Widerstandsfähigkeit gegen Chlor, Brom, Jod . . . . .	91
f) Verhalten gegen Fette und Mineralöle (einschl. Benzin u. dgl.) .	91
g) Beständigkeit gegen oxydierende Einflüsse . . . . .	91
h) Verhalten beim Erwärmen (trockene Wärmeprobe) . . . . .	92
i) Verhalten in der Kälte . . . . .	92
k) Verhalten beim Behandeln mit überhitztem Wasserdampf . . . .	92
l) Weitere Gebrauchswertprüfungen für Dichtungsmaterial und	
Schläuche . . . . .	92
m) Gasdichtigkeit . . . . .	92
n) Isolierfähigkeit und Durchschlagsfestigkeit . . . . .	93
o) Kautschukisolierte Leitungen . . . . .	93
Anhang zu o) Vorschriften für die Kontrolle und Untersuchung	
des Isolationsmaterials für elektrische Leitungen . . . . .	93
3. Licht- und Farbbeständigkeit . . . . .	97
4. Alterungsverfahren der Gummiwaren . . . . .	97
a) Nach Geer . . . . .	98
b) Nach Bierer und Davis . . . . .	99
c) Alterung durch ultraviolettes Licht der Analysen-Quarzlampe	100
<b>TECHNISCHE KAUTSCHUKPRÜFUNG</b> Von Prof. Dr. Fritz Frank, Berlin	101
<b>Weichgummi</b> . . . . .	102
Prüfnormen des Ausschusses 13 . . . . .	102
Bemerkungen und weitere Angaben und Ausführungsformen zu den	
Normen . . . . .	106
1. Zerreißversuch . . . . .	106
Probenformen . . . . .	106
a) Stabförmige Proben . . . . .	106
b) Ringförmige Proben . . . . .	107
Die Ausführung des Versuches . . . . .	110
2. Elastizitätsbestimmung . . . . .	114
Streckversuche . . . . .	114
Andere Elastizitätsbestimmungen an vulkanisierten Proben . . .	116
a) Stoßversuche . . . . .	116
1. Die Kugelfallprobe . . . . .	116
2. Pendelhammer, Bauart Schob . . . . .	118
b) Zermübnungsversuche . . . . .	119
c) Abschleifversuche . . . . .	122
d) Druckversuche bzw. Eindruckproben . . . . .	125
3. Die Kerbzähigkeit von Kautschukwaren . . . . .	127
Der Begriff der Kerbzähigkeit . . . . .	128
Weitere Spezialprüfungen als mechanische Wertprüfungen . . . .	130
a) Prüfung von Gummihüllen der Normal-Gummiaderleitungen .	130
b) Gummierte Gewebe . . . . .	131
c) Weichgummigegegenstände ohne Stoffeinlage, wie Präserva-	
tive usw. . . . .	134
<b>Hartgummiprüfungen</b> . . . . .	135

<b>KAUTSCHUKMASCHINEN</b> Von Colin Macbeth, M. I. A. E., M. S. A. E., F. I. R. I., Birmingham, England. (Übersetzt und bearbeitet von Dr. G. Bode und Dipl.-Ing. E. Rausch) . . . . .	137
Einleitung . . . . .	137
<b>Rohmaterialvorbereitung</b> . . . . .	137
Anlieferung, Lagerung und Ausgabe des Materials . . . . .	137
Öffnen der Kisten . . . . .	138
Verwendung der Kisten . . . . .	139
Zerteilen der Ballen . . . . .	139
Sortierung des Kautschuks . . . . .	141
Behandlung der Füllstoffe . . . . .	141
Trockenapparate 142, Siebe 144, Verwendung von Lagerkästen und Entnahme aus denselben 145, Rohmaterialannahme 146, Förderung 146, Siebung 147, Lagerung 147, Entnahme aus dem Lagerkasten 147, Auswägen 147, Staubabscheidung 148	
<b>Waschen des Kautschuks</b> . . . . .	148
<b>Das Passieren von Kautschuk durch Siebe</b> . . . . .	148
<b>Die Mastikation des Kautschuks</b> . . . . .	149
Das Vormastizieren des Kautschuks . . . . .	149
Zwischenkühlung . . . . .	149
Mastizieren durch Ausspritzen . . . . .	150
<b>Herstellung von Mischungen</b> . . . . .	155
Zweiwalzwerke für die Mastikation, Mischung und Anwärmung des Kautschuks . . . . .	155
Zweiwalzen-Mischwerke . . . . .	156
Walzwerke mit doppeltem Antrieb 156, Walzwerke mit einfachem Antrieb 157, Rückwärtige Antriebswelle 157, Untere Antriebswelle 158, Kühlung der Walzen 159, Lager 161, Die Anwendung von Schürzen 162	
Geschlossene Mischer . . . . .	164
Banbury-Mischer 164, Bedienung 165, Die Zeituhr 166, Chargen- und Weichheitsindikator 166, Antriebssystem 167, Ausziehen des gemischten Kautschuks 167, Herstellung von Mischungen verschiede- ner Farbe 169	
Der Werner & Pfeleiderer-Knetter . . . . .	170
Bemerkungen über Banbury-, Werner & Pfeleiderer- und Gordon- Maschinen . . . . .	173
<b>Vorwärmen des Kautschuks</b> . . . . .	175
Vorberecher Type Iddon . . . . .	174
<b>Kalander</b> . . . . .	175
Beschickung der Kalander . . . . .	175
Kontinuierliche Zuführung von Bändern und Streifen . . . . .	176
Abnahme vom Kalander . . . . .	176
Direkte Zufuhr des Kautschuks zur nächsten Arbeitsstufe . . . . .	178
Vierwalzentyp . . . . .	178
Kruppscher Dreiwalzenkalander . . . . .	181
Vierwalzenkalander von Robinson (Profilkalander) . . . . .	182
Konstruktion 182, Rahmen 182, Lagerböcke 183, Walzeinstellung 183, Einstellung der Profilierungswalze 184, Walzen 184, Profilie- rungswalze 184, Zahnrad am Walzenende 184, Hauptantrieb 184, Radschutz 184, Ausrüstungsgegenstände 184, Schmierung 184, Re- duziergetriebekasten 185, Elastische Kupplung 185	
Vierwalzenkalander . . . . .	185



Konstruktion 185, Rahmen- und Grundplatte 185, Lagerböcke 185, Walzeneinstellung 185, Walzen 185, Zahnräder 186, Hauptantrieb 186, Einstellbare Führungen 187, Chargiergetriebe 187, Schmierung 188, Reduziergetriebe 188, Elektrische Einrichtung 188, Bremsvorrichtung 188, Kombinierte Zentrifugalkupplung und elastische Kupplung 188	
Vierwalzen-Gummier- und Profilkalender . . . . .	189
<b>Spritzmaschinen</b> . . . . .	189
Kalenderwalzenbauart . . . . .	189
Die Schneckenbauart der Spritzmaschine . . . . .	190
Ausbau der Schnecke 191, Vorrichtungen zur Temperaturregelung 191, Spritzmaschinen mit zwei Füllöffnungen 192, Maschinenantrieb 192	
<b>Diagonalschneidemaschinen für Gewebe</b> . . . . .	194
Die Friedheimmaschinen . . . . .	194
Der Birmingham-Horizontal-Diagonalschneider (Biascutter) . . . . .	194
Der Spadon-Diagonalschneider . . . . .	194
Abstreifvorrichtung 195, Wirkungsweise des Kompensators 196, Führungswalzenantrieb 196, Speisewalze 196, Schneidrahmen 196, Aufstapeln des Materials vom Diagonalschneider 197	
Der Bannerschrägschneider . . . . .	198
<b>Streichmaschinen</b> . . . . .	201
Bewegliches Doppelstreichmesser . . . . .	203
Shaws Spreader . . . . .	204
Doppelendige geneigte Streichmaschinen . . . . .	205
<b>MISCHUNGSWESEN</b> Von Dr.-Ing. Josef Talalay u. Anselm Talalay, London	207
<b>I. Verhalten der Mischungsstoffe im Kautschuk (mit Ausschluß der Vulkanisationsbeschleunigung)</b> . . . . .	207
1. Einleitung. Gründe für die Verwendung von Füllstoffen . . . . .	207
2. Das System »Kautschuk — Füllstoff« . . . . .	210
a) Die Zug-Dehnungs-Charakteristik . . . . .	210
b) Beeinflussung der Zugdehnungskurve . . . . .	211
c) Einfluß der Füllstoffe . . . . .	212
d) Die »verstärkende Wirkung« . . . . .	214
Die $\Delta$ A-Funktion . . . . .	215
e) Die Theorie der Verstärkung durch Füllstoffe . . . . .	216
Teilchengröße und Verstärkung . . . . .	216
Abweichungen von der Gesetzmäßigkeit . . . . .	218
Dispersion und Benetzung . . . . .	219
Stärke der Oberflächenbildung . . . . .	221
3. Die Festigkeitseigenschaften . . . . .	224
a) Zug-Dehnungs-Charakteristik . . . . .	224
Wirtschaftlichkeit eines Füllstoffzusatzes . . . . .	226
Die Ruße . . . . .	228
Beeinflussung der Vulkanisation durch die Ruße 229, Die Zugdehnungseigenschaften von Rußmischungen 230	
Die Kaoline . . . . .	232
Die Zinkweiße . . . . .	233
Titanpigmente . . . . .	235
Kreide . . . . .	236
Vergleich der gebräuchlichsten Füllstoffe bei einer Konzentration von 23 Volumprozent . . . . .	236
Faktis . . . . .	236
Erweichungsmittel . . . . .	238
Beschleuniger . . . . .	240
Alterung . . . . .	240

b) Steifheit und Härte . . . . .	242
c) Füllstoffgemische . . . . .	245
Spezifische Beeinflussung der Mischungsstoffe . . . . .	246
d) Der Abnutzungswiderstand . . . . .	248
Prinzipielles über die Abnutzung . . . . .	248
»Aktive« und »inaktive« Füllstoffe . . . . .	253
Die Ruße 255, Regenerat 255, Erweichungsmittel 256, Kombi- nationen von Füllstoffen 257, Selen 257	
e) Die Kerbzähigkeit (Widerstand gegen Einreißen) . . . . .	258
Begriff und technische Bedeutung . . . . .	258
Messung der Kerbzähigkeit . . . . .	258
Kerbzähigkeit und verstärkende Wirkung . . . . .	259
Der Einfluß der Füllstoffkonzentration . . . . .	262
Weitere Einflüsse . . . . .	265
Mastikationsgrad 265, Vulkanisation 265	
Alterungsschutzmittel . . . . .	266
Zusammenhang mit anderen Festigkeitseigenschaften . . . . .	266
4. Elastische Eigenschaften . . . . .	267
a) Bleibende Dehnung . . . . .	267
Einfluß der Vulkanisation . . . . .	269
b) Hysteresischarakteristik . . . . .	270
c) Prallelastizität . . . . .	271
d) Zermübnngsfestigkeit . . . . .	273
e) Wärmeleitfähigkeit einer Kautschukmischung und ihre Tempe- raturerhöhung im Dauerbetriebe . . . . .	274
5. Verhalten der rohen Mischung . . . . .	275
a) Plastizität . . . . .	275
1. Pulverförmige Ingredienzien . . . . .	275
2. Erweichungsmittel . . . . .	277
3. Versteifungsmittel (Antisofteners) . . . . .	280
4. Faktis und Regenerat . . . . .	280
5. Plastizitätsänderungen durch Beschleuniger und Alterungs- schutzmittel . . . . .	281
6. Scorching (»Anbrennen«) . . . . .	281
7. Verzögerung des Scorching . . . . .	283
b) Löslichkeit der rohen Mischung . . . . .	284
c) Klebrigkeit der rohen Mischung . . . . .	285
6. Elektrische Eigenschaften und die Wasserab- sorption . . . . .	286
Isolationswiderstand-Durchschlagsfestigkeit . . . . .	286
Dielektrizitätskonstante und Leistungsfaktor . . . . .	287
Aufnahme von Schwefel . . . . .	288
Füllstoffe . . . . .	288
Einfluß von Beschleunigern und Alterungsschutzmitteln . . . . .	289
Die Wasserabsorption . . . . .	290
7. Spezielle technologische Eigenschaften . . . . .	290
a) Luftdurchlässigkeit . . . . .	290
b) Beständigkeit gegen Öle und organische Lösungsmittel . . . . .	291
Einfluß der Vulkanisation . . . . .	294
Thiokol und Duprene . . . . .	294
c) Widerstand gegen Säuren und Laugen . . . . .	296
d) Hitzebeständigkeit. Beispiel des Aufbaues einer Mischung . . . . .	297
Hitzebeständige Luftschlauchmischungen . . . . .	298
Eine neue Prüfungsmethode . . . . .	298
Auswahl und Dosierung der Füllstoffe . . . . .	298
Die Schwefeldosierung . . . . .	300
Das Super-Ageing-Prinzip . . . . .	301
Beschleuniger und Alterungsschutzmittel . . . . .	301



<b>II. Herstellung der Mischungen</b> . . . . .	<b>302</b>
1. Die Mastizierung des Rohgummis . . . . .	302
a) Maschinen . . . . .	303
b) Der Begriff der Plastizität . . . . .	303
c) Die plastische Veränderung beim Walzen . . . . .	307
d) Faktoren, die den Mastikationseffekt beeinflussen . . . . .	309
Erzeugung der Wärme . . . . .	312
Die Lagerung des Plastikats . . . . .	313
e) Die Kraftverhältnisse beim Walzen und der Energieverbrauch . . . . .	315
Einfluß der Temperatur . . . . .	315
f) Die Veränderung der Festigkeitseigenschaften durch die Mastikation . . . . .	317
g) Die Praxis der Mastikation . . . . .	317
1. Die Auswahl der Maschine . . . . .	318
2. Wie weit soll man den Rohgummi mastizieren? . . . . .	319
3. Die Handhabung des Walzprozesses . . . . .	320
a) Kalte und heiße Mastikation 320, b) Die Batchgröße und die Walzdauer 321, c) Der Walzspalt 322, d) Die Erzeugung gleichmäßigen Plastikats 322, e) Die Technik des Walzens 324, f) Das Abkühlen 325	
2. Die Einmischung der Chemikalien . . . . .	326
a) Die Veränderungen beim Einmischen von Chemikalien . . . . .	326
a) Die Dispersion 327, $\beta$ ) Die Plastizität 327, $\gamma$ ) Die Festigkeit der vulkanisierten Mischung 328	
b) Die Auswahl der Maschine . . . . .	328
c) Die Arbeitsmethoden . . . . .	330
Herstellung von Mischungen auf einem Walzwerk . . . . .	331
Die Arbeit mit Innenmischern . . . . .	335
3. Die Kontrolle des Walzvorganges . . . . .	339
<b>KAUTSCHUKREGENERATION. DIE WIEDERVERWENDUNG DER KAUTSCHUKABFÄLLE UND KAUTSCHUKALTSTOFFE</b> Von Dr. Paul Alexander, Berlin-Charlottenburg . . . . .	<b>343</b>
1. Fabrikationsabfälle . . . . .	343
a) Unvulkanisierte Abfälle . . . . .	343
b) Vulkanisierte Fabrikationsabfälle . . . . .	344
c) Hartkautschukabfälle . . . . .	344
2. Kautschukaltstoffe . . . . .	345
a) Weichkautschukabfälle . . . . .	345
b) Hartkautschukabfälle . . . . .	346
3. Altkautschukmarkt . . . . .	347
4. Unmittelbare Verwendung von Kautschukaltstoffen . . . . .	348
5. Die Regeneration des Kautschuks . . . . .	348
a) Allgemeines . . . . .	348
b) Weltverbrauch . . . . .	350
c) Ausgangsstoffe für die Massenherstellung von Kautschukregeneraten . . . . .	354
d) Vorbehandlung der Ausgangsstoffe . . . . .	355
e) Regenerierverfahren . . . . .	357
Behandlung einlagefreier Altstoffe . . . . .	367
Trockene Plastizierung . . . . .	368
f) Besondere Eignung der verschiedenen Regenerate . . . . .	369
g) Verarbeitung von Autodecken nach vereinigten Verfahren . . . . .	371
h) Formen und Handelsbezeichnungen der Regenerate . . . . .	373
i) Prüfung und Begutachtung der Regenerate . . . . .	374

<b>FAKTIS</b> Von Dr. Walter Alexander, Altona-Blankenese . . . . .	375
1. Einleitung und allgemeine Beschreibung . . . . .	375
2. Allgemeine Darstellungsweise des weißen und braunen Faktis . . . . .	376
Weißer Faktis 376, Brauner Faktis 377	
3. Bemerkungen zur Analyse des Faktis . . . . .	378
Geruch 379, Feuchtigkeitsgehalt 379, Spezifisches Gewicht 379, Verhalten in der Hitze 380, Prüfung auf Säure 380, Azeton- extrakt und Gehalt an unverseifbaren Bestandteilen 380, Gehalt an freiem Schwefel 380, Bestimmung des Gesamtschwefels 380, Aschengehalt 381	
4. Anwendung des Faktis in der Industrie . . . . .	381
Spezielle Anwendung einzelner Faktisorten . . . . .	383
Vorzügliche Isolationsfähigkeit . . . . .	384
5. Die technische Herstellung des Faktis . . . . .	387
Weißer Faktis . . . . .	388
Brauner Faktis . . . . .	389
Die Herstellung von Gegenständen aus Faktis . . . . .	391
6. Die chemischen und physikalischen Grundlagen der Bildung von Faktis . . . . .	391
 <b>TECHNISCHE GUMMIWAREN</b> Von Dr.-Ing. P. Kluckow, Lutherstadt Wittenberg (Unter Mitarbeit von Dr. E. A. Hauser, Wien) . . . . .	397
Einleitung . . . . .	397
Die Anforderung an Rohgummi und Füllstoffe als erste Etappe zur Vermeidung von Verarbeitungs- störungen . . . . .	399
Schutz gegen Kautschukgifte . . . . .	400
Das Färben technischer Gummiwaren . . . . .	401
Die Herstellung technischer Mischungen . . . . .	404
Bedeutung der Erweicher in technischen Gummi- waren . . . . .	406
Regenerate . . . . .	407
Faktis . . . . .	408
Mineral Rubber, Teer, Pech . . . . .	409
Leim . . . . .	410
Öle, Fettsäuren, Harze und die verschiedenen anderen Erweicher . . . . .	411
Vom Vulkanisieren technischer Mischungen . . . . .	415
Freiheizungen . . . . .	415
Die Vulkanisation in Formen . . . . .	418
Das Formenmaterial . . . . .	421
Das Vulkanisieren in Pressen . . . . .	421
Die eigentliche Herstellung technischer Gummi- waren . . . . .	423
Die Fabrikation von Gasschläuchen, Schnüren und Profilgummi . . . . .	424
Heißwasserschläuche für Badeöfen . . . . .	425
Die Herstellung von Schlauchringen . . . . .	426
Die Fabrikation von Flaschenscheiben und Konservenringen . . . . .	427
Die Herstellung gewickelter Schläuche . . . . .	429
Fabrikation von Walzen . . . . .	432
Qualitäten für Spezialzwecke . . . . .	435
Säureschläuche . . . . .	435
Schläuche zum Durchleiten von organischen Lösungsmitteln . . . . .	437
Dampfschläuche . . . . .	438
Die Herstellung technischer Formartikel . . . . .	439
Stopfen und Pfropfen . . . . .	440
Schnurringe . . . . .	441
Kupplungsringe . . . . .	441
Membranen zu Diaphragmapumpen . . . . .	442



Zahlsteller . . . . .	442
Kugelfabrikation . . . . .	442
Die Herstellung von Matten, Platten und Fußbodenbelag . . . . .	443
Dichtungsplatten . . . . .	443
<b>GUMMIBEREIFUNG</b> Von R. P. Dinsmore, Akron (Ohio), USA (Übersetzt von Dir. Ing. L. Herzl., Traiskirchen, N.-Ö.) . . . . .	447
Einleitung . . . . .	447
<b>I. Fahrradreifen</b> . . . . .	448
Geschichtliches . . . . .	448
Die Erzeugung von Fahrradreifen . . . . .	459
Die gewöhnliche Erzeugungsmethode der Drahtseilreifen . . . . .	459
Gebräuchliche Herstellungsweise von Clincher-(Wulst-)Reifen, sowohl für Schlauchreifen als auch für Doppelschlauchreifen (Decke und Schlauch) . . . . .	460
Der »Split-Laced« double tube Bicycle Tire . . . . .	461
Die Herstellung des Schlauchreifens . . . . .	461
Schlauchreifenpatente . . . . .	465
Clincherpatente . . . . .	467
Maschinenpatente . . . . .	467
Gleitschutzpatente . . . . .	467
Reparaturpatente . . . . .	467
Massivreifenpatente . . . . .	468
Ventilpatente . . . . .	468
<b>II. Die Entwicklung des Automobilreifens</b> . . . . .	468
Patente I bis XI . . . . .	473
<b>III. Pneumatikreifen</b> . . . . .	473
Die Theorie des Pneumatikreifens . . . . .	473
Absorbierung der Stöße . . . . .	474
Kraftersparnis . . . . .	474
Pneumatikreifen-Entwurf . . . . .	475
Allgemeine Gesichtspunkte für den Entwurf von Clincherreifen . . . . .	476
a) Felgensitz 476, b) Länge und Form der Clincherwulste 477, c) Wulstausführung 477, d) Ausführung der Wölbung (Buckels) über dem Hakenansatz 477, e) Dehnung des Clincherreifens auf der Felge 477	
Schnell demontierbare Clincherreifen . . . . .	478
Cordreifen . . . . .	479
Gradseitreifen (straight side, S. S.) . . . . .	480
Reifenkonstruktion . . . . .	481
Bestimmende Faktoren für die Reifenkonstruktion . . . . .	481
Gradseitreifen . . . . .	481
1. Felgenausführung 482, 2. Wulstbreite 482, 3. Wulstkern, Drahtmenge und Isolation 482, 4. Drahtplattierung 482, 5. Isolierung 483, 6. Form 483, 7. Größe 483, 8. Wulstkerndurchmesser 483, 9. Wulstkernhöhe 483, 10. Gute Verbindung des Wulstkernes 483, 11. Wulstfahnen 483, 12. Wulstschutz- oder Verstärkungsstreifen 484, 13. Konstruktion der Wölbung (Buckel — engl. Hump) 485, 14. Seitenwand 485, 15. Der Protectorschutzstreifen (Breaker) 485, 16. Die Einlagen 486, 17. Polstergummi, Zwischenplatten und Gummistreifen 488, 18. Laufflächendessins 488, 19. Einpressung 489	
Superballon-(Low-pressure-)Personenwagenreifen . . . . .	491
Pneumatik-Hochdruck-Lastwagen und Omnibusballonreifen . . . . .	493
Geschichtliches 493, Vorteile 495, Konstruktion 496, Einlagen und Gummierung 496, Wulstkern 497, Verbindung des Wulstkernes 499, Polster 499	

Belastungs- und Luftdrucktabellen . . . . .	499
Flugzeugreifen . . . . .	500
Pneumatik-Schienenreifen . . . . .	506
a) Leichtes Gewicht der Fahrzeuge zulässig 507, b) Bequemlichkeit für die Passagiere 507, c) Schnelligkeit, Beschleunigung und Bremsen 508, Bremsweg 508	
Die Erzeugung des Pneumatikreifens . . . . .	509
Allgemein gebrauchte Erzeugung des Aufbaues . . . . .	509
Reifenbestandteile oder Einzelteile in der Konstruktion . . . . .	510
Behandlung der Bestandteile und Einzelheiten . . . . .	510
Erzeugungsmethoden . . . . .	512
Kernringmethode . . . . .	512
Wulstschutzstreifen . . . . .	513
Laufflächeneinlagen und Polstergummi . . . . .	513
Laufflächen . . . . .	513
Seitenwände — Arbeitsweise . . . . .	514
Innenanstrich des Reifens . . . . .	514
Einlegen der Heizschläuche . . . . .	515
Trommelreifenerzeugung . . . . .	515
Wulste . . . . .	516
Schmiermittel für die Reifenvulkanisation . . . . .	517
Reifen-Formheizung . . . . .	521
Anwendung der thermoelektrischen Wärmemessung bei der Kautschukvulkanisation . . . . .	526
1. Schaltungen 528, 2. Erdschluß und offener Stromkreis 528, 3. Heiße Lötstellen 528, 4. Entfernung der Emaille 529, 5. Kalte Lötstelle 529, 6. Potentiometerverbindung 529, 7. Standardzelle 529, 8. Schwache Batterie 529	
<b>IV. Massivreifen</b> . . . . .	535
Geschichtlicher Teil . . . . .	535
Die Einführung des hochelastischen (Cushion Tire) Reifens . . . . .	535
Hochelastische (Cushion-) Reifen mit Hohlräumen . . . . .	535
Luftdruck- oder Pneumatikreifen . . . . .	535
Einteilung der Typen . . . . .	535
Der endlose Reifen . . . . .	538
Aufvulkanisierte Reifenbasis . . . . .	539
Abnehmbare Typen . . . . .	539
Hochelastische Reifen (Cushion Tires), Hohlraumtypen . . . . .	540
Sektionen- oder Blockreifen . . . . .	542
Der moderne Massivreifen . . . . .	542
Aufbau des Querschnitts . . . . .	546
Massiv-Lastwagenreifen für die Industrie (Industrial Solid Truck Tires) . . . . .	547
Erzeugungsmethoden . . . . .	549
<b>V. Luftschläuche</b> . . . . .	551
Geschichte und Theorie . . . . .	551
Materialien . . . . .	553
Erzeugungsmethoden . . . . .	554
Gerollte Schläuche . . . . .	554
Schläuche mit Naht (Seamed Tubes) . . . . .	557
Auf der Schlauchmaschine gezogene Luftschläuche . . . . .	560
Luftschlauchvulkanisation . . . . .	561
Spleißen der Schläuche . . . . .	567
Die Prüfung der Luftschläuche . . . . .	571
Entlüften der Schläuche für die Verpackung . . . . .	572
Verpacken der Schläuche . . . . .	572
Ventile für Luftschläuche . . . . .	573
Spezialschläuche . . . . .	574



<b>VI. Mischungswesen</b> . . . . .	575
Beschleuniger . . . . .	576
Verstärkung . . . . .	577
Antioxydationsmittel . . . . .	578
Regenerat . . . . .	578
Andere Entwicklungen . . . . .	579
Moderne Laufflächenmischungen . . . . .	579
Moderne Karkasgemischungen . . . . .	580
Moderne Schlauchmischungen . . . . .	580
Fahrradreifenmischungen . . . . .	581
Frühere Mischungen 1900 . . . . .	581
Heutige Fahrradreifenmischungen . . . . .	583
Schlauchdichtungsmittel für Schlauchreifen . . . . .	584
Massivreifen . . . . .	585
Geschichtliches . . . . .	588
Verbindung des Massivreifens auf Felge und Rad . . . . .	589
<b>VII. Die Verwendung von Stoffen in der Reifenerzeugung</b> . . . . .	591
1. Die verschiedenen Baumwollsorten und ihr Vorkommen . . . . .	591
2. Sortierung und Prüfung der Gleichmäßigkeit . . . . .	592
3. Kreuzgewebe . . . . .	592
4. Laufflächeneinlagen . . . . .	593
5. Cordgewebe . . . . .	593
6. Schußloser Cordstoff . . . . .	595
Die Behandlung des Gewebes für Reifen . . . . .	595
Trocknen und Kalandrieren des Gewebes . . . . .	596
Kalandrieren des Cordgewebes . . . . .	596
Kalander Train . . . . .	597
Kalandrieren von Lenogewebe für Laufflächeneinlagen . . . . .	598
Die Gewebeherstellung für die Reifenfabrikation . . . . .	599
Gewebe für Reifeneinlagen . . . . .	599
Besichtigung und Prüfung des Reifengewebes . . . . .	599
Trocknen der Gewebe für Reifeneinlagen . . . . .	601
Kalandrieren der Gewebeeinlagen . . . . .	601
Der Dreiwalzenkalander . . . . .	602
Zweikalandertrain . . . . .	603
Dreikalandertrain . . . . .	604
Der Tauchprozeß . . . . .	604
Verarbeitung schußloser Cordgewebe . . . . .	605
Latex-Tauchverfahren . . . . .	605
Doppel-Coat-Methode . . . . .	605
<b>VIII. Anhang Von Dr.-Ing. L. Herzl, Traiskirchen, N.-Oe.</b> . . . . .	608
1. Schienentriebwagen mit Gummibereifung . . . . .	608
Gummigefederte Radsätze . . . . .	611
2. Hochelastische Vollgummireifen . . . . .	612
<b>DIE VERWENDUNG VON GUMMI BEI EISENBAHNFahrzeUGen</b> Von Colin Macbeth, Birmingham, England. (Übersetzt und bearbeitet von Pro- fessor Dr. E. A. Hauser und Reichsbahnrat G. Wiens) . . . . .	615
Bestimmung der Anwendungsstellen . . . . .	615
Gummifedern der Zugvorrichtung . . . . .	617
Gummifedern der Puffer . . . . .	617
Zugstangenfedern bei Lokomotiven . . . . .	618
Die Verwendung von Gummi in der Federung . . . . .	622
Zusammenfassung der zweckmäßigen Anwen- dungsgebiete von Gummi bei Eisenbahnfahrzeugen . . . . .	630
Senkrechte Zusammendrückung unter Belastung . . . . .	635
Normalisierung und Prüfung . . . . .	640

<b>DIE VERWENDUNG VON GUMMI IM AUTOMOBILBAU</b> Von Professor Dr. E. A. Hauser, Wien . . . . .	643
Gummi in den Abfederungssystemen . . . . .	643
Gummi in Stoßstangen und in ähnlichen Sicherheitsvorrichtungen . . . . .	647
Gummi in der Motoranlage . . . . .	651
Die Verwendung von Gummi in Kraftübertragungssystemen . . . . .	656
Gummi in den Bremssystemen . . . . .	658
Die Verwendung von Gummi im Steuerungsmechanismus . . . . .	660
Die Verwendung von Gummi im Karosseriebau . . . . .	662
Gummi in den elektrischen Systemen . . . . .	666
Mischungen und Standardvorschriften . . . . .	666
<b>RADIERGUMMI</b> Von Dipl.-Ing. Dr. phil. Josef Talalay, London . . . . .	669
Faktis . . . . .	670
Öle (Erweichungsmittel) . . . . .	671
Füllstoffe . . . . .	671
Farbstoffe . . . . .	672
Radiermittel . . . . .	672
Regenerat und Abfälle . . . . .	673
Beschleuniger . . . . .	673
Alterungsschutzmittel . . . . .	674
Rohgummi . . . . .	674
Unterschied zwischen den einzelnen Radiergummiarten . . . . .	674
Typische Mischungsvorschriften . . . . .	675
Herstellung der Mischung . . . . .	676
Herstellung der Radiergummiplatten . . . . .	677
Vulkanisation . . . . .	677
Konfektionieren der Radiergummiplatten . . . . .	678
Herstellung von marmoriertem Radiergummi . . . . .	679
Uniongummi . . . . .	681
Schreibmaschinengummi . . . . .	683
Tips . . . . .	684
Knetgummi . . . . .	684
Faktis gummi (Kunstgummi) . . . . .	685
<b>GUMMIERTE STOFFE</b> Von Dr. Erich Wurm, Hannover . . . . .	689
Die Gewebe . . . . .	690
Gummieren auf nassem Wege . . . . .	691
1. Die Mischungen 691, 2. Die Lösungen 692, 3. Die Streich- maschine 693, 4. Vorbereitung der Gewebe 698, 5. Das Strei- chen 699	
Gummieren auf trockenem Wege . . . . .	703
1. Allgemeines 703, 2. Das Friktionieren 704, 3. Das Skimmen 705, 4. Das Coaten 706	
Weitere Operationen vor der Vulkanisation . . . . .	707
1. Bedrucken 707, 2. Dublieren 708, 3. Pudern 709	
Die Kaltvulkanisation . . . . .	711
Die Warmvulkanisation . . . . .	716
Typische Beispiele . . . . .	723
1. Kaltvulkanisierte Stoffe 723, 2. Warmvulkanisierte Stoffe 725	
Betriebs- und Fertigwarenkontrolle . . . . .	732
<b>GUMMITREIBRIEMEN UND TRANSPORTBÄNDER</b> Von Kurt Hesse, Berlin . . . . .	735
Die Qualitätsprüfung fertiger Treibriemen und Transportbänder . . . . .	746
<b>BALLONSTOFF</b> Von Dr. Anton Fischer, Frankfurt a. M. . . . .	749
Ausgangsgewebe . . . . .	750
Kautschuk . . . . .	751



a) Qualität des Kautschuks 751, b) Mastikation 752, c) Lösungsmittel 752, d) Dicke der Schicht 753, e) Füllstoffe 753, f) Vulkanisation 754	
Gummierung . . . . .	756
a) Trocknung 756, b) Auftrag der flüssigen Schichten 756, c) Mischung und Knetung 756, d) Anzahl der Striche 756, e) Bepudern 756, f) Anwendung von Latex 757, g) Kalandrieren	758
Schrägschneiden, Dublieren . . . . .	758
Kaltvulkanisation . . . . .	759
Warmvulkanisation . . . . .	760
Kontrollversuche an Ballonstoff . . . . .	761
1. Absorption des Gases durch den Kautschuk 761, 2. Diffusion 762, 3. Durchdringung 762	
Die Konservierung von Ballonhüllen . . . . .	764
<b>KUNSTLEDER</b> Von Walter Münzinger, Heidelberg . . . . .	767
1. Kunstleder mit Gewebeunterlage . . . . .	768
Das Streichverfahren . . . . .	770
Das Friktionsverfahren . . . . .	773
Die Gaufrage 774, Das Lackieren 775, Das dublierte Kunstleder 777, Wildlederersatz 779	
2. Kunstleder aus Faser-Bindemittelgemischen . . . . .	780
<b>KUNSTVELOUR</b> Von Jean Marconnet, Montreuil-Sous-Bois (Übersetzt von Dr. E. A. Hauser, Wien) . . . . .	783
Apparatives . . . . .	784
Die Herstellung . . . . .	785
Rezepte für die Herstellung von Kunstvelour auf Kautschukgrundlage . . . . .	787
Herstellung von Kunstvelour (Suédine) auf Latexbasis . . . . .	788
Kunstvelour auf Kautschukbasis mit einer Haftschrift auf Basis Leinöl . . . . .	789
Kunstvelour auf Papiergrundlage . . . . .	790
Textilpulver . . . . .	790
<b>KAUTSCHUKPFLASTER</b> Von Dr. Hans W. Albu, Hamburg . . . . .	791
Definition 791, Geschichte 791, Fabrikation 792, Verarbeitung 794, Wundverbände 795, Elastische Binden 796, Medikamentöse Pflaster 796, Guttaplaste 796, Alterung 799, Kautschuk 799, Harze 800, Füllstoffe 802, Weichmacher 803, Analyse 803	
<b>DIE RÜCKGEWINNUNG VON LÖSEMITTELN IN DER GUMMI-INDUSTRIE</b> Von Dr. A. Engelhardt, Frankfurt a. M. . . . .	805
Das Kondensations-Destillations-Verfahren . . . . .	810
Das Kondensations-Umluft-Verfahren . . . . .	811
Absorptions-Verfahren . . . . .	819
Adsorptions-Verfahren . . . . .	825

# ABKÜRZUNGEN DER ZEITSCHRIFTEN UND SAMMELWERKE

Amer. Soc. Test. Mater. Bull.	American Society for Testing Materials Bulletin (ASTM)
Ann. Chim.	Annales de Chimie
Apoth. Ztg.	Apothekerzeitung
A. R. of Appl. Chem.	Annual report of applied chemistry
Arch. f. Derm.	Archiv für Dermatologie
Arch. Rub. Cult.	Archief voor de Rubbercultuur in Nederlandsch-Indie
A. S. T. M.	American Society for Testing Materials
Automot. Ind.	Automotive Industrie
Ber. dtsh. chem. Ges.	Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft
Brennstoff-Chem.	Brennstoff-Chemie
Bull. Rub. Grow. Assoc.	Bulletin of the Rubber Growers Association (London)
Bull. Soc. chim. France	Bulletin de la Société Chimique de France
Bur. Stand. Techn. Bull.	Bureau of Standards Technical News Bulletin
Canad. Chem. Journ.	Canadian Chemical Journal
Caoutch. et Guttapercha	Le Caoutchouc et la Guttapercha
Chem. Ind.	Die Chemische Industrie (Berlin)
Chem. Rev.	Chemical Review
Chem. Ztg.	Chemiker-Zeitung
Chem. Zbl.	Chemisches Zentralblatt
Chim. et Ind.	Chimie & Industrie
Circ. Bur. Stand.	Circular of the Bureau of Standards
Colloid Symposium Monographs	
C. R. Acad. Sci.	Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences
D. V. M.	Deutscher Verband der Materialprüfung in der Technik
Delft Com.	Communicatie Delft
Elektrotechn. Z.	Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ)
Encycl. du Caout.	Encyclopédie du Caoutchouc
Faberg-Mitt.	Faberg-Mitteilungen
Farben-Ztg.	Farben-Zeitung
G. Chim. ind. appl.	Giornale di Chimica Industriale ed Applicata
Gummi-Ztg.	Gummi-Zeitung
Helv. chim. Acta	Helvetica chimica Acta
J. Amer. chem. Soc.	The Journal of the American Chemical Society
Ind. Engng. Chem.	Industrial and Engineering Chemistry
I. R. J.	India Rubber Journal
Ind. Rubber Review	India Rubber Review
I. R. W.	India Rubber World
J. Soc. Chem. Ind.	Journal of the Society of Chemical Industry. Chemistry and Industry
J. Amer. med. Ass.	Journal of the American Medical Association
J. Franklin Inst.	Journal of the Franklin Institute
J. physic Chem.	Journal of Physical Chemistry
J. Russ. Phys. Ges.	Journal der Russischen Physikalischen Gesellschaft



J. Soc. automot. Engr.	The Journal of the Society of Automotive Engineers (jetzt: S. A. E. Journal)
Kolloid-Bhfte.	Kolloidchemische Beihefte
Kolloid-Z.	Kolloid-Zeitschrift
M. med. Woch.	Münchener Medizinische Wochenschrift
Mitt. M. P. A. Groß-Lichterfelde-West	Mitteilungen des Materialprüfungsamtes in Groß-Lichterfelde-West
Pharm. Monatsh.	Pharmazeutische Monatshefte
Pharm. Ztg.	Pharmazeutische Zeitung
Pharm. Zentralh.	Pharmazeutische Zentralhalle
Pharmazeut. Zbl.	Pharmazeutisches Zentralblatt
Preuß. Akad. Wiss. Berlin	Preußische Akademie der Wissenschaften
Proc. Amer. Soc. Test. Mat.	Proceedings of the American Society for Testing Materials
Proc. Roy. Soc., Lond.	Proceedings of the Royal Society of London
Rev. gen. Caout.	Revue générale du Caoutchouc
Rub. Age (N. Y.)	Rubber Age (New York)
Rub. Age (L)	Rubber Age (London)
Rubber Chem. Technol (R. Ch. T.)	Rubber Chemistry and Technology
Sci. Pap. Bur. Stand.	Scientific Papers of the Bureau of Standards
Siemens-Z.	Siemens-Zeitschrift
Technol. Pap. Bur. Stand.	Technology Papers of the Bureau of Standard
Techn. Rts. Adv. Comm.	Technical reports for the advancement of commerce
Trans. I. R. I.	Transactions of the Institution of the Rubber Industry
Werkzeugmasch.	Die Werkzeugmaschine
Wirtschafts-Amts-Mitt.	Wirtschafts-Amts-Mitteilungen
Z. angew. Chem.	Zeitschrift für angewandte Chemie (Zeitschrift des Vereins deutscher Chemiker; Teil A)
Z. anorg. Chem.	Zeitschrift für anorganische Chemie
Z. Elektrochem.	Zeitschrift für Elektrochemie und angewandte physikalische Chemie
Z. ges. Bauwesen	Zeitschrift für das gesamte Bauwesen
Z. Physik	Zeitschrift für Physik
Z. physik. Chem.	Zeitschrift für physikalische Chemie
Z. techn. Physik	Zeitschrift für technische Physik
Z. V.D.I.	Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure (V.D.I.)
Z. wiss. Mikrosk.	Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie

### Patentabkürzungen

A. P.	Amerikanisches Patent	Jap. P.	Japanisches Patent
Belg. P.	Belgisches Patent	Jugosl. P.	Jugoslawisches Patent
C. S. R. P.	Tschechoslowak. Patent	Ö. P.	Österreichisches Patent
Can. P.	Kanadisches Patent	Pol. P.	Polnisches Patent
D. R. P.	Deutsches Reichspatent	R. P.	Russisches Patent
E. P.	Englisches Patent	Rum. P.	Rumänisches Patent
F. P.	Französisches Patent	Schwed. P.	Schwedisches Patent
Finn. P.	Finnisches Patent	Schwz. P.	Schweizerisches Patent
Holl. P.	Holländisches Patent	Span. P.	Spanisches Patent
I. P.	Italienisches Patent	Ung. P.	Ungarisches Patent

# CHEMISCHE KAUTSCHUKPRÜFUNG

VON PROF. DR. FRITZ FRANK, BERLIN

## Zur Einführung

Das Laboratorium galt und gilt, glücklicherweise nur vereinzelt noch, als eine nicht gerade sehr nötige Belastung in der Industrie der Kautschukwaren. Die jetzige Erkenntnis geht bewußt den Weg: das Laboratorium ist zur Forschung und zur Entwicklung, Gestaltung und Erhaltung der technischen und wirtschaftlichen Höhe der Industrie unentbehrlich. Ist dieser Erkenntnis auch jetzt der Weg im allgemeinen freigegeben, so fehlt ihr vielfach noch die Gleichberechtigung in der technischen Ausgestaltung des Werkbetriebes. Die Forschung und Entwicklung wird leider auch heute noch nicht bewußt und beabsichtigt auf die gleiche Plattform mit den kaufmännischen Belangen gestellt. Die stärkste Erkenntnis über die Bedeutung der Entwicklung und Forschung ist für die Kautschukwarenindustrie von außen gekommen, während im Innendienst sich zunächst die Überwachung der zur Verarbeitung kommenden Rohstoffe und dann die der Fertigprodukte entwickelte.

Aus diesem Aufbau ergibt sich die Art der Laboratorien. Sie waren im Anfang kleine Räume, in denen die Chemikalien nach einfachen analytischen Regeln, zum Teil nur auf Feuchtigkeit, Verbrennliches bzw. Mahlfineinheit geprüft worden sind. Die Art und Beschaffenheit der Chemikalien wurden nicht näher, möglichst überhaupt nicht, geprüft, und der Mischkünstler gab absichtlich, oder zum Teil auch aus Unkenntnis, den Dingen besondere Namen. Das ist im Bereich der wissenschaftlich-technischen Leitung nun anders geworden. Selbst in kleinen Fabriken ist das Laboratorium die Brücke einerseits zwischen dem Einkäufer und dem Betrieb, und andererseits zwischen Betrieb und Verkauf. Die alten kleinen Räume reichen auch vielfach noch aus, wenn nur ein guter Chemiker darin ist, der neben seinem sauberen Wissen auch mindestens einen allgemeinen Überblick über die Betriebsart und -erfordernisse hat. Mit der Vergrößerung der Betriebe und — was mehr verlangt — der Anwendungsgebiete der aus Kautschuk herstellbaren Gegenstände mannigfachster Verwendung, wuchsen die Anforderungen an die Laboratoriumsarbeit und damit an die Laboratoriumsräume und die in denselben gebrauchten Apparaturen. Heute hat wohl jedes Laboratorium neben der sehr vollkommenen rein chemischen Ausstattung die den Betrieb überwachenden mechanischen Prüfgeräte und vielfach physikalisches Sondergerät, wozu auch die optische Instrumentation gehört. Einem so den billigen Anforderungen entsprechenden, feinfühligem Gehirn der Fabrikation sollte auch ein fabrikmäßig arbeitendes Versuchsfeld angegliedert sein. In demselben würde für die Leistungshöhe des Heute und für die wirtschaftliche und technische Sicherung des Morgen zu arbeiten sein. Aus solchem Dienst am Werk und für die Einschaltung der Werksleistung in die Bedürfnisse des täglichen Lebens und für die Gestaltung der Bedarfsmöglichkeiten erwachsen dann die Entwicklungs-



und Forschungsarbeiten. Das ist die Lebenserfüllung der Laboratoriumsarbeit und das Befriedigende des Arbeitens in demselben. In diesem Geiste werde ich die Anordnung der Arbeiten zu entwickeln versuchen. So gestalteten sie sich wohl auch im Kopf des eigentlichen Vaters der analytischen Kautschukbearbeitung in Deutschland, Robert Henriques. Er ging mit dem Rüstzeug des reinen Wissenschaftlers an die analytische Arbeit, gestaltete den logischen Aufbau und konnte so in die Empirie des Meistertraumes eine erste Ordnung bringen. Er konnte so auch vom Laboratorium aus, ohne eigentlich in der Fabrik selbst gearbeitet zu haben, arbeitsleitend wirken. Unabhängig von Henriques ging C. O. Weber mit gleichem Erfolg etwas später in London den Weg von der Theorie zur praktischen Werkführung.

### Die Werksabteilung Laboratorium

Die Abteilung »Laboratorium« der Kautschukwarenfabrik gliedert sich in:

- I. Ein rein chemisches Prüffeld, das eigentliche Laboratorium. In demselben sind in erster Linie alle zur Verarbeitung kommenden Rohstoffe und Halbfabrikate, die aus fremden Werken oder eigenen Nebenbetrieben stammen, chemisch in ihren allgemeinen und Werkskonstanten zu überwachen. Mit den Leistungen des Betriebes steigt automatisch die Anforderung an das Untersuchungswerk.
- II. Ein chemisches und mechanisches Prüffeld für die Fertig- und Halberzeugnisse, die aus den Betrieben hervorgehen. Mit der Auswirkung dieser Abteilung ist die Erhaltung der Betriebshöhe eng verbunden. Mit ihrer Leistungsfähigkeit wird die Überwachung des Marktes und die Anpassung an denselben gesichert.
- III. Eine Entwicklungsabteilung. Diese ist ein Prüffeld, in dem wissenschaftliche Arbeit mit überwiegend technischem und wirtschaftlichem Gesichtsfeld betrieben wird. Diese Abteilung wird sachlich als Entwicklungsabteilung bezeichnet. Sie hat sich, richtig betrieben und gestaltet, auch in diesem Sinne auszuwirken und wirkt sich bei freier Entwicklung so aus. Dieses, der Entwicklung des Werkes, allgemeiner Gesichtspunkte und dauernder Bereitschaft, dienende Prüffeld muß bei richtiger Ausgestaltung und Wirkungsfähigkeit mit einer dem Betriebe angeähnelten Versuchsfabrik verbunden sein. Auf diese wichtige Abteilung, die auch die vielen wissenschaftlichen Grundlagen der Kautschukwissenschaft umgreift, kann hier leider nicht eingegangen werden. Auf wichtige Entwicklungsfragen ist in den einzelnen Fällen auch beim Mischwesen, der Vulkanisation und den Prüfungen hingewiesen.

## I. Das chemische Laboratorium als Prüffeld für Rohstoffe usw.

Das chemische Laboratorium ist die Untersuchungsstation für alle Rohstoffe und Halbfabrikate, die zur Verarbeitung und Verwendung in den Arbeitsgang der Kautschukwarenfabrikation kommen. Es sollte grund-

sätzlich kein Stoff in den Verarbeitungsgang kommen, dessen Identifizierung und Reinheitsgrad nicht gesichert worden ist.

Von den Stoffen, die zur Verarbeitung kommen, ist zunächst auf den Rohkautschuk einzugehen.

## A. Der Rohkautschuk

### 1. Rohkautschuk in fester Handelsform

Der Rohkautschuk kommt jetzt der Hauptmenge nach als Plantagen-erzeugnis in einer dem Äußeren nach fast standardisierten Form auf den Markt. Nur für besondere Zwecke werden vereinzelt noch die Kautschuksorten des Urwaldes verarbeitet. Diese letzteren sind in ihrer Qualität für die Verarbeitung sehr verschiedenartig, und eine große Materialkenntnis war erforderlich und ungeschriebene Überlieferungen, um die Fabrikate in gleichartiger Wertigkeit zu erhalten. Da, wo noch Wildkautschuke gebraucht werden, ist diese Sonderkenntnis noch vorhanden. Sie wird aber mehr und mehr durch die Laboratoriumsarbeit abgelöst oder doch wenigstens gesichert. Bei den Plantagensorten ist trotz aller Bemühungen die Gleichwertigkeit nicht immer einzuhalten. Bodenbeschaffenheit der Pflanzung, Alter der Bäume, Aufbereitungsart und auch die Sauberkeit in der Verarbeitung neben einer Reihe von Zufälligkeiten können sich in der Fabrikation und im Lebensgang der Fertigwaren beachtlich geltend machen. Die Bemühungen, durch Nacharbeit die Schäden der mangelnden Aufbereitung und Lagerung, z. B. bei dem Nativekautschuk Indiens, zu beseitigen, haben meist nicht ständigen Erfolg. Auch wenn dann die äußeren Eigenschaften eine normgerechte Wahl zu ergeben scheinen, kann, besonders im späteren Vulkanisations- und Lebensvorgang, mancherlei Schwierigkeit eintreten. Einzelne Sachkenner haben, wie die Wein- und Teeprüfer, ihre guten Wegzeichen. Sicherer ist aber die Untersuchung und besonders diejenige, die durch die Herstellung von Versuchsstücken und deren chemische, Alterungs- und mechanische Prüfung unterstützt wird.

Zunächst soll hier die Arbeit dargestellt werden, die im ersten Teil des Laboratoriums, dem rein analytischen, ausgeführt wird, nachdem die äußeren Eigenschaften genau registriert worden sind.

**Durchschnittsmuster.** Bevor auf die Einzelheiten der Arbeitsweisen eingegangen wird, muß über die Schaffung eines Durchschnittsmusters gesprochen werden. Beim Rohkautschuk in irgendwie gestalteter Plattenform wird im scharfen spitzen Winkel eine Probe aus einem Ballen geschnitten, die nicht nur Rand- sondern auch Mittelteile erfaßt (Abb. 1). Bei Blöcken und Wildsorten werden Probestücke ausgestanzt oder durch Quadrierung entnommen, ohne physikalische Veränderung zusammengewalzt und nach Teilung der analytischen und verarbeitenden Unter-

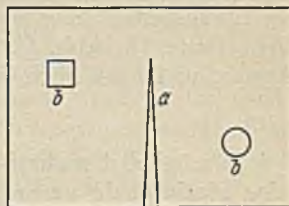


Abb. 1. Entnahme von Durchschnittsproben

- a) Guter Schnitt für Proben  
b) Ausgestanzte Proben



suchung zugeführt. Für alle Untersuchungsausführungen muß eine normale Kenntnis der chemischen und physikalischen Arbeitsweisen sowie Vertrautheit mit den besonderen Anforderungen vorausgesetzt werden. Die Untersuchung hat sich zu erstrecken auf:

#### a) Mechanische Verunreinigungen und in Wasser lösliche Stoffe

250 bis 500 g werden zerschnitten, in warmem Wasser eingeweicht und dann auf die Versuchs-Waschwalze genommen (vergl. S. 148). Das gut und kunstgerecht gewaschene Fellstück, das erhalten wird, wandert zur Trocknung und wird nach derselben gewogen. Der Verlust ist die Menge der mechanischen Verunreinigungen (einschließlich des Wassers und der in Wasser löslichen Bestandteile).

#### b) Wasserbestimmung

Im Anlieferungsmuster direkt oder nach der Behandlung zu a) wird auf Feuchtigkeitsgehalt geprüft. Dies geschieht qualitativ durch Eintragen eines Streifens in Xylol und Erhitzen. Ist Wasser vorhanden, so treten die knackenden Geräusche und das Spratzen des Platzens der Wasserbläschen auf. Ist der Gehalt groß, so trägt man in 100 bis 150 g Xylol 10 bis 20 g der Kautschukstreifen ein und destilliert schnell 50 ccm Xylol ab. Einzelheiten über die Ausführung der Arbeit und das Arbeitsgerät siehe Seite 17 (Abb. 6). Eine für diese Prüfung besonders verwendbare Apparatur ist die nach den DIN-Normen. Vgl. Seite 17 (Abb. 5).

#### c) Asche

1 g, möglichst mehr bis zu 10 g, werden in einer Porzellan-, Quarz- oder Platinschale verbrannt. Gearbeitet wird so, daß das Aschenschälchen in den kleinen Ausschnitt einer Asbestscheibe gesetzt wird. Kleine, zur Veraschung bestimmte Kautschukmengen werden in die gewogene Schale gegeben, und dann wird mit kleinem Brenner die organische Substanz langsam ohne Spritzen und Schäumen abdestilliert. Bei größeren Mengen der Probe wird die gewogene Substanz langsam in angepaßten Mengen in die Schale eingetragen. Ist die Kautschuksubstanz abdestilliert und nur eine vielfach kokige Masse noch vorhanden, dann wird auf dem Quarz- oder Platindreieck mit hoher, scharfer Flamme fertig verascht, aber so, daß die Salze der Alkalien nicht mit verdampfen können.

Die Farbe der Asche wird festgestellt und nach der Wägung derselben wird eine qualitative Untersuchung vorgenommen. Genau zu prüfen ist in jedem Fall auf Schädlinge, die aus dem Boden in die Pflanze und damit in den Kautschuk aufgenommen oder aus unsachgemäßer Aufbereitung in denselben gelangt sein können. Als besondere Schädlinge sind Kupfer- und Manganverbindungen irgendwelcher Art anzusprechen (besondere Untersuchung Seite 18). Kalk, Magnesia, Alkalien und Eisenoxyd finden sich meist. Magnesiaverbindungen werden geschätzt. An Säuren finden sich vielfach Phosphor-, Schwefel- und vereinzelt Salzsäure, ausschließlich in gebundener Form. Phosphorsalze können sich einfach aus den Bodensalzen, aber auch vielfach aus dem sogenannten Lipin, einem Phosphatid, ableiten, dem aller Wahrscheinlichkeit nach wichtige Eigenschaften im

Misch-, Vulkanisations- und Alterungsvorgang zukommen. Bei der Zusammensetzung der Aschenbestandteile fehlen allerdings für die Bewertung der Rohware noch genauere Erfahrungen. Es ist aber z. B. vielfach beobachtet, daß der Gehalt an Magnesia recht wichtig für die Weiterverarbeitung (Qualitätsbewertung) ist. Früher galt der gesamte Phosphatgehalt als Bestandteil der Bodensalze, und man wußte, daß Magnesia und Phosphate nebeneinander in den Aschenbestandteilen immer ein Kennzeichen für die hochwertigen Kautschuke der Urwaldgewinnung war.

Wie die Auffindung des Lipins zeigt und die Erfahrung über die Aschenbestandteile, ist hier noch dringend Entwicklungs- bzw. reine Forschungsarbeit erforderlich.

#### d) Stickstoffbestimmung

Dem Rohkautschuk sind aus der Pflanze stickstoffhaltige Stoffe eiweißartigen Charakters beigelegt. Sie haben erfahrungsgemäß Einwirkung auf die Vulkanisier- und Lebensfähigkeit der aus der Rohware hergestellten Produkte. Es ist deshalb auf Stickstoff zu prüfen. Angewendet wird das übliche Kjeldahl-Verfahren mit mindestens 1 g Substanz. Häufig wird auch das Mikro-Kjeldahl-Verfahren (Abb. 2) angewendet.<sup>1</sup> Die Richtlinien<sup>2</sup> Seite 12, Nr. XII geben folgende Vorschrift:

»2 g Kautschuk werden in einem Kjeldahlkolben von 500 ccm mit 20 ccm Schwefelsäure (3 Raumteile konzentrierte und 2 Raumteile rauchende Säure) versetzt und 0,1 g Quecksilberoxyd zugesetzt. Man heizt langsam an und erhält die Lösung so lange im Sieden bis sie klar geworden ist (2 bis 3 Stunden). Nach dem Abkühlen setzt man 25 ccm Wasser, 80 ccm Natronlauge ( $s = 1,35$ ) und soviel Schwefelnatriumlösung zu, bis alles Schwefelquecksilber ausgefällt ist. Von der Lösung werden etwa 100 ccm in 50 ccm  $\frac{1}{10}$  n  $H_2SO_4$  überdestilliert und der Überschuß mit  $\frac{1}{10}$ -n-Natronlauge zurücktitriert. Indikator Methylorange.

$$\frac{0,1401 \cdot \text{ccm } \frac{1}{10} \text{ n } H_2SO_4}{\text{Einwaage}} = \text{Proz. Stickstoff}$$

$$\text{Proz. Stickstoff} \cdot 6,25 = \text{Proz. Eiweiß.}$$

Ein Blindversuch ist auszuführen.«

In vielen Fällen kann die normale Kjeldahl-Methode stark beschleunigt werden, wenn nach Frank, Klatt, Gerö (unveröffentlicht) gearbeitet wird. Die Arbeitsweise ist Seite 61 beschrieben und auch für Rohkautschuk anwendbar. Der Aufschluß ist dann gemeinhin in  $\frac{1}{4}$  Stunde beendigt.

<sup>1</sup> Blank, Gerngroß und Schaefer, Z. Angew. Chem. 36 (1923) S. 391; Berllunge, Untersuchungsmethoden, Aufl. 8 Bd. 1 S. 1172, 1178

<sup>2</sup> Der Ausschuß 13 des Deutschen Verbandes für die Materialienprüfung der Technik hat 1925 Richtlinien für die Prüfung von Kautschuk als Veröffentlichung Nr. 76 herausgegeben. Da wo die Prüfungsarten dieser Richtlinien benutzt werden, wird jeweils im weiteren Verlauf nur auf die »Richtlinien« verwiesen.



### e) Wasserlösliche Anteile und Fremdstoffe

Im Rohkautschuk sind aus der Pflanze oder von der Aufbereitung manchmal wasserlösliche Anteile enthalten. Sie werden im Rohkautschuk meist nur mengenmäßig als Waschverlust (mechanische Verunreinigungen usw., siehe Seite 4) bestimmt. Die Richtlinien Seite 7, IIIa schreiben folgendes vor:

»Proben (bis 500 g) werden kalt abgespült und dann auf einer kleinen Waschwalze oder in einem Mastikator zunächst mit kaltem Wasser und darauf mit Wasser von 40 bis 50° gewaschen. Die Gewichts-differenz, auf trockenes Material bezogen, ergibt den Waschverlust. Derselbe kann durch Filtrieren des benutzten Waschwassers getrennt, als grobe Ver-

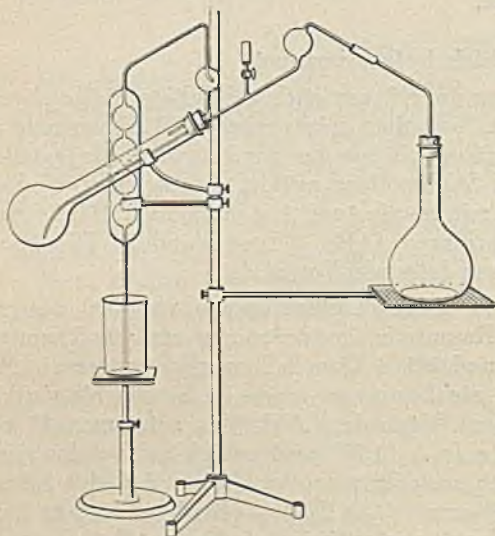


Abb. 2.



Abb. 3.

unreinigungen und wasserlösliche Anteile angegeben werden. Die Art der groben Verunreinigungen ist besonders anzugeben (Holz, Faserstoffe, Sand usw.).

### f) Verhalten gegen Quellungs-(sogenannte Lösungs-)mittel

Das Verhalten gegenüber den Lösungsmitteln ist aus verschiedenen Gesichtspunkten von Bedeutung, weil für einen großen Teil von Waren mehr oder weniger dünnflüssige bis zäh pastöse Quellungen verarbeitet werden (vergl. Seite 87). Nach noch nicht abgeschlossenen Beobachtungen scheint es durchaus berechtigt, die Viskosität etwa von genau gleichartig hergestellten Quellungen mit als Gütemaßstab für die Verarbeitbarkeit und die Verwendbarkeit heranzuziehen. Dabei sind verschiedene Anschauungen in der Sachbehandlung verfolgt. Die eine ging vom rein physikalisch-chemischen Gesichtspunkt aus und will zur Forschung über Molekülgrößen und Aufbau möglichst reine Kautschuk-Kohlenwasser-

stoffe in Lösungsform zur Messung bringen.<sup>3</sup> Die andere, rein technologische Anschauung folgt einer alten Regel, die von Axelrod 1905 aufgestellt wurde. Diese übertrug die Erfahrungsbeobachtung, nach der aus dem zur technischen Verarbeitung fertigen Rohkautschuk einheitlich hergestellte Lösungen durchaus verschiedene Viskositäten bei einheitlich empirischer Messung aufweisen, auf die technische Verwendbarkeit des gelösten Kautschuks. Die so erhaltenen Vergleichswerte lassen sich für die weitere Verarbeitung als Wertmesser verwenden. Galt dies auch allgemeiner mehr für die ungleichmäßig aufbereiteten Wildkautschuke früherer Arbeitsperioden, so ist doch für manche Verarbeitungsweisen, z. B. in der Tauchtechnik, auch heute noch eine Auswahl der Rohkautschuke nach der Zähflüssigkeit ihrer Lösungen recht beachtlich. Sie dient zur Sicherung der Betriebsregeln, für die man leicht empirische Vergleichsskalen aufstellen kann.

Die technische Viskositätsmessung wird vergleichsmäßig und zuverlässig mit einer 3gew.-proz. Lösung des Kautschuks in Xylol in dem nach Axelrods Vorschlag von Frank-Marcwald genau normalisierten Apparat ausgeführt. Zur Bereitung der Vergleichslösungen werden 7,5 g des trockenen und zur Verarbeitung fertigen Kautschukmusters mit der Schere in kleine Streifen oder Würfel zerschnitten. Der zerschnittene Stoff wird in ein Rührgefäß, das gewogen ist, geworfen und mit Xylol bedeckt. Ist das Xylol vom Kautschuk aufgenommen, so wird durchgerührt und ganz allmählich weiter verdünnt. Es ist scharf darauf zu achten, daß die Verteilung oder Quellung des Kautschuks ohne Klumpenbildung verläuft und durchaus gleichmäßig ist. Aufgefüllt wird auf genau 250 g. Die so erhaltene sogenannte Lösung wird in das Meßgefäß bis zur Marke 200 eingegossen. Es wird abgewartet, bis etwa vorhandene Luftblasen verschwunden sind und dann wird der Ausflußverschluß geöffnet. Man läßt dann 100 ccm ausfließen und bestimmt die Ausflußzeit in Sekunden. Untere und obere Meßwerte (Sekunden-Auslaufzeit) legt man für die Verarbeitungszwecke als Erfahrungskennzahlen fest.

Der Meßapparat ist durch Abb. 3 gekennzeichnet.

Über andere, für die technische Prüfung verwendbare und mehr wissenschaftlicher Arbeit dienende Viskosimeter für Kautschuklösungen, die von den Begleitstoffen befreit und zum Teil durch längeres, aber vergleichsmäßig festgelegtes Erwärmen depolymerisiert sind, ist in den Arbeiten von Ostwald, Staudinger, Reuter usw. für die einzelnen Fälle nachzulesen. (Vergl. auch Seite 21 über Zähigkeitsmessungen.)

#### g) In Azeton lösliche Bestandteile

Der aus dem Milchsaft der Pflanze gewonnene oder abgeschiedene Rohkautschuk enthält, je nach der Art der Mutterpflanze, deren Wachs-

<sup>3</sup> Schidrowitz u. Goldsborough, J. Soc. Chem. Ind. (1909) S. 3; van Heurn, Delft Com. 3 S. 86; de Vries, Arch. Rub. cult. (1918) S. 481; Staudinger, Fol.: Kolloid-Z. (1913) S. 131 ff.; Kirchof, ebenda (1914) S. 31 und Wo. Ostwald (1928) S. 136, u. v. and.



tumsbedingungen und der Aufbereitungsart, art- und mengenmäßig voneinander abweichende Nichtkautschukstoffe; über die stickstoffhaltigen ist auf Seite 5 bereits gesprochen worden. Sie haben für die Verarbeitungs- und Verwendungsmöglichkeiten nicht unwesentliche Bedeutung. Ebenso kommt den anderen Nichtkautschukstoffen (über die Aschen vergl. ebenfalls Seite 5), die in Azeton und zum Teil auch in Alkohol, Essigäther usw. löslich sind, eine besondere Bedeutung zu. Bei den Wild-

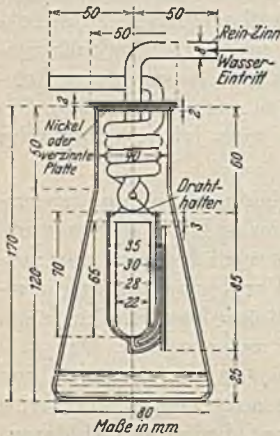


Abb. 4. Englischer Extraktionsapparat

kautschuken des Handels und anderen ungünstig bearbeiteten oder gelagerten Rohkautschuken deuten Menge und Art (Beschaffenheit) dieser löslichen Anteile auf die durch die meist ungeeigneten Behandlungen hervorgerufenen Veränderungen hin. Von diesen abgesehen, sind die normalen, in den genannten Lösungsmitteln, ganz besonders aber in Azeton, löslichen Nichtkautschuksubstanzen wichtig für die Verarbeitbarkeit des Rohstoffes und sein Verhalten in der fertigen Ware. Diese Stoffe, Harze genannt, sind zum Teil verseifbare, harzartige Säuren, die mit hochmolekularen Alkoholen vom Sterincharakter gekuppelt sind. Sie werden bestimmt, mengenmäßig durch Extraktion der zerkleinerten Probe mit Azeton, und artmäßig bisher nur durch Verseifung und optisches Verhalten. (Hier liegen noch wichtige wissenschaftliche Probleme vor, deren Lösung wesentlich zur Technologie der Kautschukverarbeitung beitragen wird. Über die Bedeutung der sogenannten Harzsubstanzen für den Vulkanisations- und Alterungsvorgang ist vieles gearbeitet.)

Die Bestimmung der in Azeton löslichen Anteile wird wie folgt ausgeführt: etwa 5 g einer möglichst zum (papier-)dünnen Fellchen ausgezogenen Probe werden in Streifen zerschnitten und zwischen Batiststoff so eingerollt, daß die Stücke nicht zusammenkleben können. Die Rolle wird lufttrocken im Wägerohr gewogen. Dann wird die Rolle in einem Extraktionsapparat nach Soxhlet oder besser nach Zuntz oder Graefe eingelegt und genau 8 Stunden hindurch mit reinem Azeton (Siedepunkt 56 bis 57° C) ausgezogen. Alle Verbindungen der Apparatur sind mit Normalschliffen ausgestattet, damit Fremdstoffe, aus Kork usw., nicht in die Lösung gelangen können. Ein besonders netter Apparat ist in England vorgeschlagen und in der Abb. 4 dargestellt. Nachdem die Extraktionszeit vorüber ist, wird sogleich alles Azeton im Lösekolben gesammelt und aus dem mäßig siedenden Wasserbade vorsichtig abdestilliert. Da manchmal Siedeverzug und dadurch Stoßen eintritt, ist entsprechend zu arbeiten. Es werden am sichersten in den Kolben vor der Rohwägung desselben einige Siedesteinchen mit eingefüllt und mitgewogen.

Nach dem Abdestillieren des Lösungsmittels wird bei 105° C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz (1 Stunde ist im allgemeinen

genügend) erwärmt und gewogen. Der extrahierte Kautschuk wird zusammen mit dem Stoff an der Luft schnell getrocknet und ganz kurze Zeit dann im Trockenschrank von den letzten Resten des Lösungsmittels befreit, an der Luft abgekühlt und lufttrocken zurückgewogen. Die Trocknung muß deswegen schnell geschehen, weil der extrahierte Kautschuk sehr begierig Sauerstoff aufnimmt und dadurch die genauen Gewichtsbestimmungen beeinflußt. Die Gewichtszunahme des Extraktionskölbchens entspricht der Menge des sogenannten Harzes, die besser als die »in Azeton lösliche Substanz« bezeichnet wird. Eine Differenz zwischen der Abnahme der mit Azeton ausgezogenen Kautschukprobe und der gelösten Substanz wird gemeinhin als »Feuchtigkeit« in die Analysen-Zusammenstellung eingesetzt.

In einzelnen Fällen ist es erwünscht, etwas Näheres über die gelöste Substanz zu wissen. Man bestimmt dann die Säure- und Verseifungszahl und kann in einzelnen Fällen auch die nicht verseifbaren Teile absondern. In manchen Fällen kann man hier auch die Aufbereitungsmittel wiederfinden, was besonders bei den mit fetthaltigen Nüssen geräucherter Wildpara (Brenzkatechin) gelingt. Außerdem kann zur Identifizierung z. B. des Hevea-Kautschuks eine Bestimmung des optischen Verhaltens des Harzes in Lösung, z. B. in Alkohol oder Azeton, nach einem Vorschlage von *H i n r i c h s e n* und *M a r c u s s o n*<sup>4</sup> ausgeführt werden. Für die Verarbeitungsbewertung können diese Nebenbestimmungen bis heute wenig Feststehendes besagen.

#### **h) Bewertung des Rohkautschuks durch Verarbeitungsversuche**

Da alle bisherigen Untersuchungsarten, die am Rohkautschuk ausgeführt werden, nur Vergleichswerte im beschränkten Maße ergeben, ist es üblich geworden, die letzte und ausschlaggebende Prüfung über die im Einzelfalle angestrebte Verwendungsart durch Verarbeitungsversuche im Kleinstbetrieb durchzuführen. Diese Prüfungen bedingen Mischungen des Rohstoffes mit den übrigen im Betriebe zu verwendenden Stoffen. Die Mischungen werden den üblichen Verarbeitungen unterworfen, gealtert, mechanisch und wo nötig auch chemisch dem Verwendungszweck entsprechend geprüft. Eine eingehende Darstellung der Verarbeitungsversuche ist im Kapitel »Mischungswesen« gegeben. Weiter wird zu diesen Fragen auf Seite 13 berichtet, weil dafür hier auch die Kenntnis und Vorprüfung der Misch- und Hilfsstoffe erforderlich ist, deren Verwendbarkeit allgemein und im besonderen Fall auch durch die Verarbeitungsversuche die letzten und sichersten Stützen erhält.

## **2. Kautschuk-Latex**

Zur ersten Verarbeitung des Rohkautschuks zu Gebrauchsgegenständen irgendwelcher Art scheint die naturgegebene disperse Form desselben im Latex verwendet zu sein. Zu derselben ist man zurückgekehrt, nachdem es gelungen war, die von der Pflanze gewonnene milchartige Flüssigkeit — den Latex — zu präservieren und zu konzentrieren. Der in

<sup>4</sup> Z. angew. Chem. (1910) S. 49



dem Latex enthaltene Kautschuk kann so besonders geeignet sein und zusammen mit allen Begleitern vielen Verarbeitungen zugeführt werden. Durch die Konzentration, die nach der heutigen Erfahrung<sup>5</sup> am besten durch Eindampfen oder weniger günstig durch Aufrahmen unter Abscheidung von Serum und den darin gelösten Stoffen geschieht, wird auch die Wirtschaftlichkeit des Versandes einigermaßen gesichert.

Die mancherlei Untersuchungsarten, denen der Latex zur technischen Verarbeitung der vorbereitenden wissenschaftlichen Behandlung unterworfen wurde und unterworfen wird, interessieren hier nicht. Es muß für diese Bearbeitungsausführungen auf Sonderwerke<sup>6</sup>, in denen auch die nötigen Literaturhinweise vorhanden sind, und auf die tageswissenschaftliche Literatur verwiesen werden. In allen diesen wertvollen Werken ist sowohl die so wichtige mikroskopische Untersuchungsmethodik als auch die spezielle physikalische und chemische dargestellt.

## Die analytische Prüfung des Latex im Betriebslaboratorium der Gummiwarenfabrik

### a) Spezifisches Gewicht

Die Prüfung wird durch Spindeln bei 20° oder besser im geeichten Pyknometer in bekannter Weise ausgeführt.

### b) Gehalt an Rohkautschuk

Der rohe oder irgendwie verarbeitete Latex ist, je nach der Vorverarbeitung, weiß, opak bis gelblich, dünnflüssig bis ganz zähflüssig. Auf den Gehalt an festen Stoffen wird am besten durch Eindampfen einer gewogenen Menge in gewogener, ausgeglühter Schale geprüft. Vom dünnen, leicht fließenden Latex kommen 10 bis 25 g zur Verarbeitung. Die Verdampfung des Wassers wird so ausgeführt, daß in die mit Glasstab zum Umrühren beschickte, möglichst flache Schale von 10 bis 15 cm Durchmesser auf dem stark siedenden Wasserbade allmählich die Latexmenge eingetragen wird. Die eingedampfte Substanz wird sofort in den Vakuum-Exsikkator über Schwefelsäure gestellt und unter Luftverdünnung bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach der Endwägung wird vorsichtig auf der kalten Walze ausgezogen und auf das in Wasser Lösliche<sup>7</sup>, auf Asche, Stickstoff, Azetonextraktmenge geprüft. Im Azetonextrakt wird auf Fremdstoffe, wie verseifbare Öle, Fettsäuren, Seifen, Harze und andere Emulgierungs- und Konzentrationsmittel, Schwefel, Alterungsschutzstoffe und gleichartig wirkende, die im bearbeiteten Latex sein können, geprüft. In der Asche, deren Menge im unbearbeiteten Latex nur maximal 3% sein sollte, würden sich bei großem Aschengehalt die zur Verarbeitung zugefügten Stoffe, besonders Zinkoxyd und Füllstoffe, finden.

<sup>5</sup> Vgl. Kapitel Latex

<sup>6</sup> Hauser, Latex, Verlag Steinkopf (1927, sowie Stevens und Stevens, Rubber Latex R.G.A. (London 1933), Abschnitt »Technologie des Latex« dieses Handbuches, u. a.

<sup>7</sup> Hierin gehören auch zugesetzte Leimstoffe, Kasein, Seifen und pflanzliches Gummi.

Auf diese Füll- und Verarbeitungsfremdkörper ist qualitativ und dann quantitativ zu prüfen, um den zur Verarbeitung kommenden Stoff zu kennen und gleichmäßig der Verarbeitung zuzuführen. Einzelheiten über die Untersuchung der in Azeton löslichen Fremdstoffe siehe Abschnitt 1g, Seite 7. Über die Untersuchung der Aschenbestandteile siehe Seite 4.

### c) Art und Gehalt an Präservierungsmitteln

Zur Flüssigerhaltung des Latex und zur Vermeidung der Zersetzung der Eiweißstoffe werden besonders Ammoniak und Formaldehyd, vereinzelt auch fixe Alkalien, nach einzelnen Literaturangaben Thymol u. dgl. angewendet. Bei der Verarbeitung der Latices ist es erforderlich, Art und Menge dieser Fremdstoffe zu kennen. Ammoniak und Formaldehyd, die einzeln vorhanden sind, lassen sich durch den Geruch qualitativ erkennen. Da kaum einmal beide Stoffe nebeneinander vorhanden sind, ist die qualitative Bestimmung einfach. Zur mengenmäßigen Bestimmung des Ammoniaks werden 20 g Latex in 200 ccm 10proz. Schwefelsäure langsam unter starkem Umrühren eingetragen. Es soll so gearbeitet werden, daß der Kautschuk als Gerinnsel und nicht in zusammenhängenden Massen abgeschieden wird. Ist dies bewirkt, dann wird schnell abfiltriert und der Rückstand mit destilliertem Wasser ausgeknetet und dann ausgekocht. Die Waschwasser werden dem Filtrat hinzugefügt und nun, wie üblich, durch Zusatz von konzentrierter Kali- oder Natronlauge im Kjeldahl-Destillationsapparat das an Schwefelsäure gebundene Ammoniak wieder freigemacht, in  $\frac{1}{2}$  normaler Säure aufgefangen und mengenmäßig durch Zurücktitrieren bestimmt. Formaldehyd wird qualitativ im Serum durch die Reduktion von ammoniakalischer Silberlösung (Silberspiegel) bestimmt. Da aber auch reduzierende Stoffe im Serum vorhanden sein können, wird meist ein kleiner Teil abdestilliert. Dem Destillat (1 bis 2 ccm) wird etwas Resorcin und 1 bis 2 ccm einer 40proz. Natronlauge zugesetzt. Wird nun bis zum Aufkochen erwärmt, so tritt bei Anwesenheit von Formaldehyd Rotfärbung ein. Quantitativ läßt sich annähernd die Menge des noch frei vorhandenen Formaldehyds im Destillat des Serums bestimmen. Man arbeitet z. B. nach der Methode des Deutschen Arzneibuches<sup>8</sup> oder nach Fresenius und Grünhut.<sup>9</sup> Einzelheiten der Arbeitsweise müssen im Original oder im Berl-Lunge<sup>10</sup> nachgesehen werden.

Formaldehyd wird nur noch selten zur Konservierung von Latex verwendet. Es treten durch die Reaktion zwischen dem Formaldehyd und den Eiweißbegleitern Reaktionen ein, die auf die Lagerfähigkeit des Latex unvorteilhaft wirken und der späteren Verarbeitung hinderlich sind.

Fixe Alkalien. Ein kleiner Zusatz von Kali- oder Natronlauge, in manchen Fällen auch von Karbonaten, bewirkt in einzelnen Latices auch eine gute Konservierung, aber nicht stets. Eine direkte Titration der

<sup>8</sup> Lemme, Chem. Ztg. (1903) S. 896

<sup>9</sup> Z. angew. Chem. (1905) S. 13

<sup>10</sup> Aufl. VIII, Bd. 3 S. 805



Alkalität ist nicht durchführbar. Bei sehr starker Verdünnung ist manchmal eine angenäherte Titration möglich. Den nötigen Anhalt erhält man neben der alkalischen Reaktion bei Freiheit von Ammoniak aus der Aschenbestimmung. Die alkalische Reaktion der Asche aus der Trockensubstanz und in dem wäßrigen Auszug der Asche gibt einen brauchbaren Anhalt, wenn auch keine quantitative Bestimmungsmöglichkeit. Da Zusatz von fixem Alkali einen Einfluß auf die Verarbeitung hat, muß man über die Anwesenheit desselben im Latex unterrichtet sein. Die vielfach als wichtige Präservierungsmittel verwendeten Alkalisalze der Kieselfluorwasserstoffsäure sind kurze Zeit in Gebrauch gewesen, seit längerer Zeit sind sie nicht mehr beobachtet worden.

#### d) Verseifbares im Latex

Eine besondere Untersuchung ist bei den Latexkonzentraten auf besondere Zusatzstoffe erforderlich, die nicht sicher in der Methode b) erfaßt werden. Um hier etwas weiter in die Zusammensetzung einzudringen, empfiehlt sich folgende Arbeitsweise:

Man gießt eine abgewogene Menge Latex, etwa 10 bis 20 g, in 50 ccm siedende 2-n alkoholische Kalilauge, kocht auf dem Wasserbade unter häufigem Umschwenken noch etwa 1 bis 2 Stunden. Dann wird der Alkohol und das Wasser des Serums abdestilliert oder besser in einer Schale abgedampft (Wasserbad). Der Trockenrückstand wird mit Wasser ausgekocht und ausgelaugt. Die erhaltene, vom unlöslichen Anteil abfiltrierte Lösung wird, wie bei der Bestimmung von Faktis und verseifbarer Substanz (Seite 27), weiter auf fette Öle, Seife, Harze usw. geprüft.

Im Latex sind außer den genannten leicht bestimmbareren Stoffen natürlich auch die Phosphatide, die Zucker, Glycoproteide usw. von Bedeutung (Kapitel Latextechnologie).

#### e) Viskositätsbestimmung des Latex

Da für die Art der Verarbeitung und Verarbeitbarkeit das Fließvermögen der Latexmasse wichtig ist, wird vielfach zur Prüfung auf die Beschaffenheit die Bestimmung der Viskosität eingeschaltet. Als Arbeitsmethode wird eine der auf Seite 21 beschriebenen verwendet, je nach der vorhandenen Apparatur. Die Wertmessung ist meist empirisch nach Zeit oder Engler-Graden u. dgl. Für frischen Latex lehnt de Vries<sup>11</sup> die Viskositätsbestimmung der Flockenbildung wegen ab. Diese Erscheinung tritt aber bei den vorverarbeiteten Latices nicht ein.

#### f) Die Prüfung auf allgemein schädlich wirkende Fremdstoffe

Allgemein wirken einige Metalle und deren in irgendeiner Form wasserlösliche Salze nachteilig auf die Lebensfähigkeit der aus dem Rohkautschuk hergestellten Fabrikate. Derartige Stoffe sind Kupfer und Mangan in jeder Form und Eisensalze, besonders solche organischer Säuren. Sie wirken als Katalyten bei der Aufnahme von Sauerstoff und führen dadurch die Zerstörung der sie enthaltenden Gegenstände herbei. Da nun

<sup>11</sup> Arch. Rubber Cult. (1923) S. 409

schon aus dem Boden derartige Salze in die Pflanzensäfte aufgenommen oder bei der weiteren Bearbeitung und Lagerung in den konzentrierten Latex oder den Rohkautschuk gelangt sein können, ist überall genau auf die Anwesenheit auch der kleinsten Mengen derartiger Stoffe zu fahnden. Über die Einzelheiten der Bestimmungen wird eingehend bei den allgemeinen Untersuchungsmethoden (Seite 18) gesprochen werden.

## B. Zusatzstoffe zum Aufbau und Hilfsstoffe für die Herstellung der Kautschukwaren

Gummiwaren, die jetzt auch allgemein als »der Gummi«<sup>12</sup> bezeichnet werden, sind nur in vereinzelt Fällen aus Kautschuk und den Vulkanisationsmitteln aufgebaut. Sie enthalten, den Verwendungsarten entsprechend, die ja, man könnte fast sagen »täglich«, neuen Boden gewinnen, mannigfaltige Zusatzstoffe. Die Zusatzstoffe sind demnach heute nicht mehr einfach, wie es im Anfang wohl der Fall war, Füll- und Verbilligungsmittel, sondern sie müssen den Rohkautschuk durchaus seiner Verwendung als Fertigprodukt anpassen. Am schärfsten werden derartige, durch die Verwendung bedingte Unterschiede erkennbar, wenn man auf Autoreifen oder Konservenringe, nahtlose Waren oder Transformatorenkästen hinweist. Das ganze Buch, das vorliegt, ist ein Wahrzeichen für die Vielseitigkeit der erforderlichen Ausgestaltung. Hier beginnen sich aber aus der Empirie die ersten wissenschaftlichen Erkenntnisse vorsichtig zu gestalten. Bis zur vollen Erkenntnis der Einzelheiten ist im Fach noch ein langer Weg, wenn man nicht dem physikalisch-chemisch geschulten Fachmann mehr als bisher Mitarbeit und dann Führung gestattet. Es kann hier nur allgemein der Stand der Technik von heute berücksichtigt werden.

**Zusatz- und Aufbaustoffe.** Die Aufbaustoffe für die Herstellung der Kautschukwaren sind a) mineralischer und b) sogenannter organischer Abstammung. Sie sollen so im nachfolgenden gruppiert und, soweit es für den Verarbeiter und den Untersucher nötig, in ihren Kennzeichen und Eigenschaften besprochen werden. Vielfach muß auch bei der Untersuchung auf allgemeiner zugängliche Literatur verwiesen werden.

### a) Stoffe des Mineralreiches,

die als Bau- und Farbstoffe rein physikalisch wirken oder chemisch an der Gestaltung und Verwendbarmachung teilnehmen:

1. **Metalle**, die vielfach als Träger dienen oder durch den Kautschukbelag, z. B. im Apparatebau, geschützt und nur in einzelnen Fällen in Pulverform mit verarbeitet werden, sind:

1. Aluminium und seine Legierungen.
2. Eisen.
3. Eisen-Speziallegierungen.

<sup>12</sup> Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 785



4. Kupfer verzinkt, verchromt u. dgl.
5. Zink.
6. Zinn.
7. Legierungen aus 4 bis 6 und ähnliches.

2. **Pulverförmige mineralische Aufbau- und Farbstoffe**, die rein mechanische, chemische und färbende Eigenschaften haben. (Sie nehmen am Aufbau und der Gestaltung teil und beeinflussen in jedem Falle mehr oder weniger die Eigenschaften des Endproduktes.) Genannt seien besonders:

Bleioxyde,	Kalkhydrat,
Bleiweiß, Schwefelblei,	Kreide,
Bleichromat (Chromgelb),	Kieselskreide,
Chromoxyde,	Gips, wasserfrei
Eisenoxyde in verschiedenen Farb-	Gips, wasserhaltig;
tönungen (Ocker, Caput mortuum	Magnesia,
usw.),	Magnesiumkarbonat,
Schwerspat,	Magnesium-Aluminiumsilikate (In-
Lithopone,	fusorienerde, Kieselgur, Talite,
Cadmiumsulfid,	Atmido, Floridaerden, Meer-
Goldschwefel,	schaum, Asbest, Talkum),
Kermes,	Ton (verschieden gefärbt),
Spießglanz,	Kieselsäure,
Zinnober,	Schiefermehl,
Zinkoxyd in den verschiedensten	Glimmer,
Herstellungsarten,	Glas (Glasmehle),
Zinksulfid,	Bimssteinpulver,
Selen,	Ultramarin,
Selenoxyd,	Anorganische Farbstoffe verschie-
Titanoxyd,	denster Zusammensetzung und
Ätzkalk,	Tönung (Erdfarben).

### b) Organische Stoffe

Sie sind Füll- und Farbstoffe und dienen dem Aufbau und dem Schutz der Waren. Hierhin gehören auch die Erweichungsmittel, die Vulkanisationsbeschleuniger und die Alterungsschutzstoffe. Genannt seien:

Faktis, weiß,	Vaselin,
Faktis, braun,	Ceresin,
Fette Öle,	Paraffin,
Stearinsäure, Ölsäure,	Mineralöle,
Zinkstearat, Bleioleat,	Wachse,
Lanolin,	Asphalt (Bitumen),
Kolophonium,	Mineral-Rubber (geblasener oder
Natürliche Weich- und Hartharze,	geschwefelter Asphalt),
Kunsthharze,	Petrolpech,
Kautschuk-, Gutta- und Balata-	Weichpech aus Steinkohlenteer
Harze,	(auch abgekochter Teer),
Harzöle,	Hartpech, Harzpech,

Braunkohlenteerpech,	Katoffelmehl,
Holzteer verschiedener Verarbeitung und Holzteeröle,	Faserstoffe (Cellulose, Wolle, Haare, besonders Roßhaar),
Gasruß, Ölruß usw. (aktiver und inaktiver usw.),	Altgummi,
Retortengraphit,	Regenerierter Gummi,
Natürlicher Graphit,	Kautschukdestillate (Kautschuköle),
Erdige Braunkohle,	Viskose,
Stärke,	Organische Farbstoffe,
Dextrin,	Organische Vulkanisationsbeschleuniger.
Leim,	
Eiweiß, Kasein,	

### c) Allgemeines über die Arbeitsweisen der Untersuchung

Für alle Stoffe, die in pulveriger Form in der Industrie gebraucht werden und nicht durch Schmelz-, Löse- oder Absorptionsvorgänge von Kautschuk aufgenommen werden oder ihn aufnehmen, hat die Forderung zu gelten: Höchste Mahlfineinheit bzw. höchster Grad der Dispersität, möglichste Freiheit von grobem oder beim Heizprozeß abspaltbarem Wasser, Freiheit von wasserlöslichen oder bei der Heiztemperatur bzw. bei der Lagerung abspaltbaren Säuren oder als Säuren wirkende Stoffe. Ferner sollten in Wasser lösliche Eisensalze sowie Kupfer oder Mangan als solche, oder in irgendeiner Verbindungsform, auch als organische Salze oder Farblacke nicht zugegen sein.

Der Grad der Zerkleinerung wird normal gemessen durch die Siebgattierung. Verlangt werden muß für alle die pulverigen Stoffe, mit Ausnahme der in den Radiergummis und Schleifmitteln als Schleifstoffe wirkenden oder die Oberfläche in einzelnen Fällen griffig machenden Zusätze, daß durch die Siebnummern 60 bis 100, DIN Nr. 1271, möglichst 100% passieren können. Bei hochstaubigen Stoffen, wie die Mehrzahl der Rußsorten oder bei giftig wirkenden Stoffen, werden wäßrige Anschlammungen auf die Siebe gegeben. In allen Fällen sind die Siebe bei der Versuchsarbeit mit den aufgeschliffenen Kappen verschlossen zu halten. Zur Physik der pulverförmigen Stoffe mag ein Satz aus *Martin Krögers* »Grenzflächen-Katalyse«<sup>13</sup> zitiert sein:

„An dieser Stelle handelt es sich um die Besprechung der allgemeinen Tatsachen und Gesetzmäßigkeiten. Die speziellen Fälle werden in den elektrischen, magnetischen und mechanischen Einzeluntersuchungen besprochen. Die Optik lassen wir bei unseren Erörterungen, soweit es möglich ist, weg. Wir suchen also den Anschluß an die Kristallphysik *W. Voigts*. Dieser behandelte die homogenen Kristalle. Erst zum Schluß kommt er auf die polykristallinen Aggregate zu sprechen. Die Schönheiten der Kristalle haben dann trüben Mittelwerten Platz gemacht, und die ganze Aufgabe besteht in der Bildung von Mittelwerten, sofern man sich für das grobe Aggregat und nicht für das einzelne Korn interessiert. Wir gehen darüber noch einen Schritt weiter und behandeln die lockeren Pulver. Im Aggregat berühren sich an den Korngrenzen noch ganze Flächen. Soweit nicht Vakuolen oder gaserfüllte Räume oder verschmutzte innere Grenzflächen in Betracht kommen, werden immer zwei

<sup>13</sup> Leipzig, Verlag Hirzel (1933) S. 13



Flächen gleicher Lage im Raume nebeneinanderliegen. Diese letzte Regelmäßigkeit entfällt auch bei den Pulvern, und damit ist völlige Regellosigkeit erreicht. In den lockeren Pulvern trat außerdem die Oberfläche noch bedeutender hervor, da der Zerteilungsgrad in der Regel wesentlich höher ist. Da die Oberflächenzonen als ein gegenüber dem Innern etwas verändertes Material zu betrachten sind, so werden auch die am großen Stück gemessenen Eigenschaften nur näherungsweise eingesetzt werden können. So verschwinden die sichtbaren Schönheiten der Kristalle und die gerichteten Eigenschaften in unseren Systemen restlos, aber nur um als ebenso schönes wie nützlich Gebiet, man möchte sagen der sichtbaren Beeinflussung chemischer Umsetzungen zu erstehen."

Hingewiesen sei auch auf die Statik und Dynamik der pulverförmigen Massen, Seite 287 ff., zur Theorie der Pulver- und Schwingungs-Kristall-Aggregate auf Seite 228 des zitierten Werkes.

#### d) Einzelne allgemein gebräuchliche Arbeitsmethoden und Geräte

Einige allgemeiner angewendete Prüfungsarten sollen hier gleich ihrer Arbeitsart und dem Prüfgerät nach zusammen behandelt werden.

1. **Spezifisches Gewicht fester und flüssiger Körper, sowie das Schütt- oder Schüttelgewicht des Pulvers.**

Es wird aus dem *Berl-Lunge*<sup>14</sup> die festgelegte Definition übernommen: Die absolute Dichte oder spezifische Masse einer Substanz bei der Temperatur  $t$  ( $d_t$ ) ist die Masse eines Kubikzentimeters dieser Substanz in Gramm. Der Zahl nach identisch hiermit ist das spezifische Gewicht im terrestrischen System, d. h. das Gewicht von 1 ccm der Substanz in Gramm im luftleeren Raum oder allgemein das Verhältnis Gewicht/Volumen in Gramm/Kubikzentimeter. Mitunter findet sich auch die Maßeinheit Gramm/Liter,  $1 \text{ g/ccm} = 1000 \text{ g/l}$ . Ganz allgemein anzuwenden ist für alle Stoffe, die in der Kautschukwarenindustrie gebraucht werden und flüssig oder fest sind, eine Bestimmung des spezifischen Gewichtes, und zwar für die Flüssigkeiten ohne weiteres die Bestimmung des wirklichen spezifischen Gewichtes nach irgendeiner der bekannten Methoden, wie Senkwaage, Pyknometer, Spindelmessung, so wie derartige Arbeiten geläufig sind; und für die festen Körper, soweit sie in Pulverform zur Anwendung kommen, ist das Schüttgewicht zu bestimmen. Zur Bestimmung des Schüttgewichtes wird in einem gewogenen, graduerten Zylinder von z. B. 100 ccm oder 1000 ccm Inhalt (*K r ö g e r* schreibt einen Zylinder von 75 ccm vor) eine gewisse Menge eingefüllt. Das Gefäß wird dann auf einer Gummi- oder Filzunterlage so gestampft, daß bei gleichmäßigen Aufstößen die gemessene Menge keine Änderung mehr erfährt. Nach genauer Ablesung des erfüllten Raumes wird dann das absolute Gewicht bestimmt; das Verhältnis zwischen dem absoluten Gewicht und dem Raum ausgedrückt als Gewicht, 100 oder 1000 ccm, ist das Schüttgewicht oder Schüttelgewicht.

Das wirklich spezifische Gewicht der festen und pulvrigen Substanzen wird meist nach der Schwebemethode in angepaßten Flüssigkeiten, wie Alkoholwasser, Wasser oder Lösungen wie Zinkchlorid, Schweizerisches Reagenz, durch entsprechende Einstellung nach der leichteren oder

<sup>14</sup> Chem.-techn. Untersuchungsmeth. 8. Aufl. (1933) Bd. 4 S. 603

schwereren Seite hin bestimmt. Andere verwenden die Aufschwämm- oder Verdünnungsmethode der betreffenden Substanzen in einer sie gut netzenden aber nicht lösenden Flüssigkeit, wie Wasser, Alkohol, Benzol, Xylol oder ähnlichem. Es wird, wie bekannt, das Gewicht eines angepaßten Pyknometers festgelegt, das Gefäß mit der Flüssigkeit gefüllt, und dann wird eine gewogene Menge der festen Substanz in die Flüssigkeit oder einer Aufschwämmung einer gewogenen Menge nach entsprechender Abfüllung eines Teiles der Flüssigkeit in das Pyknometer eingefüllt und die Luft verdrängt. Nun wird gewogen und die Verhältniszahl ausgemittelt (Über die spezifischen Gewichte von Flüssigkeiten usw. siehe *Berl-Lunge*,<sup>15</sup>

2. **Feuchtigkeitsgehalt bzw. Verhalten beim Trocknen einer Substanzmenge auf 105°.** Die Substanzmenge — mindestens 10 g, besser 50 g — wird am besten in der gleichen Schale — aus Nickel oder Bronze —, die

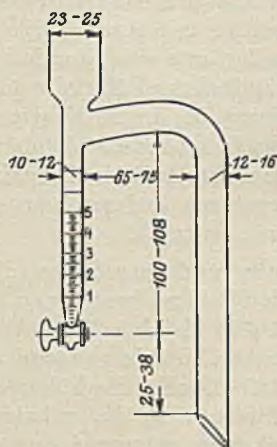


Abb. 5. Vorlage zur Wasserbestimmung nach den Richtlinien  
Maße in mm

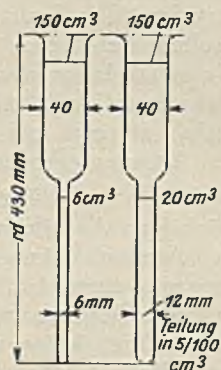


Abb. 6. Vorlagen zur Wasserbestimmung nach Marcusson

für die Bestimmung der Verdampfbarkeit von Asphalten verwendet wird und die die Abmessungen 130 mm Durchmesser, 15 mm Randhöhe hat, eingefüllt. Es wird dann zweimal je eine Stunde hindurch auf 105° erwärmt und die Gewichtsverminderung bestimmt; sie ist entweder grobe Feuchtigkeit oder eine flüchtige Verunreinigung einer nicht zur Substanz gehörigen Masse.

Eine Bestimmung des Gehaltes an grobem oder leicht abgebarem Wasser ist für alle Stoffe in der Destillation derselben mit Xylol gegeben. Dieses von G. Kraemer stammende und danach von Marcusson allgemeiner in den Gang der Untersuchung eingeführte Arbeitsverfahren ist besonders geeignet für fast alle Stoffe, die in der Kautschukindustrie gebraucht werden. Je nach der Art des zu prüfenden Stoffes, Öl, Teer,

<sup>15</sup> Chem.-techn. Untersuchungsmeth. z. B. Bd. 4 S. 603 ff.





Asphalt, Rohkautschuk (siehe Seite 14), Faktis, Ruß, Zinkoxyd usw. werden 10 bis 50 g in 100 bis 150 ccm Xylol eingetragen und nach Auflösung oder gleichmäßiger Verteilung der Destillation unterworfen. Als Löse- bzw. Destillationsgefäß dient ein genügend großer Rundkolben. Es wird entweder erstens das ganze Destillat 75 bis 100 ccm in einer Vorlage aufgefangen oder zweitens das Xylol destilliert mit dem Wasser in einen mit graduierter Vorlage verbundenen Rückflußkühler. Das kondensierte Wasser sammelt sich in der graduierten Vorlage (Abb. 5) an, und das Xylol fließt in den Destillationskolben zurück. Im ersteren Fall scheidet sich das Wasser aus dem Xylol in der Vorlage aus und wird in einer entsprechenden Verengung derselben (Abb. 6) angesammelt. Die Menge des Wassers wird in beiden Fällen volumetrisch abgelesen.

**3. Erwärmen auf 150°.** Die gleichen Schalen oder irgendwelche andere, die auch eine genaue Wägung auf der chemischen Waage zulassen, also eine bei weitem geringere Fassung haben und aus Porzellan oder Glas sind, z. B. die sogenannten Petrischalen, werden mit einer gewissen Substanzmenge beschickt, möglichst nicht unter 5 g, und eine Stunde hindurch auf 150° erwärmt. Die Stoffe, die als unveränderliche Füllstoffe gebraucht werden, sollen sich durch diese Erwärmung in ihrem Gewicht nicht ändern; sie sollen keine sauren oder alkalischen Dämpfe abgeben. Auch Schwefelwasserstoff soll nicht frei werden. Stoffe, wie Zinnober und Goldschwefel, die sich bei diesen Temperaturen ändern, werden nach besonderen Arbeitsmethoden untersucht, vgl. Seite 27.

**4. Verhalten beim Glühen.** Um qualitativ und quantitativ die beim Glühen flüchtigen Anteile in den Mineralstoffen zu bestimmen, werden wie bei den Aschenbestimmungen 0,5 bis 1 g in üblicher Weise über dem Teclu-Brenner in einem Glüschälchen erhitzt. Die Erhitzungsmöglichkeit durch den Teclu-Brenner endet bei etwa 750°. Stoffe, die höher erwärmt werden müssen, um keine verglühbaren Stoffe mehr zu enthalten, z. B. kohlensaurer Kalk, Tonerdesilikate, Asbest usw., müssen daher auf dem Gebläse bis zur Gewichtskonstanz geblüht werden.

**5. Verhalten beim Auskochen mit Wasser.** Im allgemeinen sollen die Stoffe, die als Füll- und Aufbaustoffe in der Kautschukwarenindustrie gebraucht werden, gegen Wasser unempfindlich sein. Es ist deswegen erforderlich, sie mit Wasser auszukochen, um festzustellen, ob Verluste eintreten und welche Substanzen in die wäßrige Lösung gegangen sind. Die wäßrigen Lösungen werden dann in üblicher Weise auf ihre Reaktion und auf sonstige, in Lösung gehende Stoffe nach dem Gang der qualitativen Untersuchung bestimmt. Farbstoffe dürfen beim Auskochen nicht in Lösung gehen. Bei Faserstoffen und Webwaren ist in der Auskochung auf Appreturen zu prüfen. Dieselben können unter Umständen die Lagerfestigkeit und Haftfestigkeit beeinträchtigen.

**6. Allgemeine Untersuchung auf Schädlinge, wie Kupfer und Mangan und lösliche Eisensalze.** Alle in der Industrie verwendeten Stoffe, gleich ob sie mineralisch oder organisch sind, auch die zur Verarbeitung kommenden Textilstoffe, werden auf Kupfer und Mangan geprüft. Je nach dem Ausgangsmaterial werden die verbrennlichen Stoffe durch Glühen

beseitigt. Die mineralischen Rückstände oder die Mineralien selbst werden dann nach den Arbeitsweisen, die Kluckow und Siebner<sup>16</sup> z. B. für Kupfer, bzw. Kirchof<sup>17</sup> angegeben haben, bestimmt.

a) Die Bestimmung des Kupfers. Die Asche bzw. die zu untersuchende Substanz wird dreimal mit 10 ccm Salpetersäure und dann mit 5 ccm Schwefelsäure vorsichtig bis zum Entweichen der Schwefelsäuredämpfe erwärmt. Danach wird verdünnt und filtriert. Im Filtrat wird mit Schwefelwasserstoff das Kupfer gefällt. Der Niederschlag wird ausgewaschen, mit wenig Salpetersäure gelöst und im Kolorimeterrohr mit Ammoniak versetzt. Die Menge des Kupfers wird dann an Standardlösungen gemessen.

Auf eine besonders elegante und zuverlässige quantitative Methode, die Ephraim<sup>18</sup> angegeben hat, wird hingewiesen. Diese Methode beruht auf der Fällbarkeit des Kupfers mit Salizylaloxim. Die Arbeitsweise ist die folgende:

Das Fällungsreagens. 1 g Salizylaloxim wird in 5 ccm Alkohol ohne Erwärmen aufgelöst. Diese Lösung gießt man langsam in 95 ccm Wasser, das auf 80° erwärmt war. Das Oxim scheidet sich dabei zuerst zum Teil wieder in feiner Ölemulsion ab, doch lösen sich die Öltröpfchen rasch von selbst wieder auf. Starkes Umschütteln ist zunächst zu vermeiden, weil dadurch die Öltröpfchen wieder vereinigt werden und eine geringere Oberfläche für die Auflösung bieten. Ist die Lösung aber erst klar geworden, so ist schließlich doch umzuschütteln. Hierauf wird, um Spuren ungelösten Oxims zu entfernen, da diese, wenn sie in dem Kupferniederschlag erhalten bleiben, beim Erwärmen zwecks Trocknung leicht eine stärkere Zersetzung hervorrufen, abfiltriert und ausgewaschen.

Qualitativer Nachweis. Die auf Kupfer zu prüfende Lösung ist zunächst zu neutralisieren und dann mit Essigsäure schwach anzusäuern. Die Fällung ist selbst in doppelt normaler Essigsäure nicht wesentlich löslich, während sie gegen freie Mineralsäuren viel empfindlicher ist. Fügt man dann das Fällungsreagens hinzu, so erhält man bei einem Gehalt von 1 Teil Kupfer auf 100 000 Teile Wasser noch eine recht dicke Fällung; bei 1 : 500 000 macht sie sich nur als deutliche Opaleszenz geltend, die erst nach Tagen Flocken absetzt. Bei 1 : 1 000 000 ist die Opaleszenz noch bemerkbar.

Quantitative Bestimmung. Die zu fällende Lösung ist mit Natronlauge bis zum Auftreten eines bleibenden Niederschlages zu versetzen, und dieser ist dann durch Zusatz von einigen Tropfen Essigsäure zu lösen. Das Volumen der Lösung kann innerhalb der gewöhnlichen analytischen Grenzen beliebig sein. Die Oximlösung wird dann bei Zimmertemperatur zugefügt. Der sofort entstehende Niederschlag ballt sich beim Umrühren leicht zusammen. Zuweilen läßt man absitzen und prüft, ob ein weiterer Oximzusatz noch weitere Fällung hervorbringt. Ein erheblicher Überschuß des Fällungsreagenzes beeinträchtigt zwar

<sup>16</sup> Kautschuk 7 (1931) S. 161

<sup>17</sup> ebenda S. 26

<sup>18</sup> Ber. dtsh. chem. Ges. (1930) S. 1928



das Resultat nicht, ist aber insofern von Nachteil, als er verlängertes Auswaschen erforderlich macht. Auch die letzten Oximspuren sind unbedingt durch Auswaschen zu entfernen, da sie im Niederschlag zurückgehalten, eine beim Trocknen sichtbar werdende Zersetzung hervorbringen. Hierin liegt die einzige, aber leicht zu überwindende Schwierigkeit des Verfahrens. Die Filtration erfolgt durch einen Berliner Porzellantiegel Nr. A 1 mit porösem Boden. Beim Absaugen ist darauf zu achten, daß Waschwasser nachgefüllt wird, bevor sich der Bodensatz durch Trockenwerden spaltet, weil das Waschwasser sonst nicht den ganzen Niederschlag durchzieht. Der Gang des Auswaschens, für das kalte Wasser zu verwenden ist, wird mittels der Eisenchloridreaktion verfolgt. Gibt das Waschwasser mit Ferrichlorid keine Färbung mehr, so ist noch zweimal durchzuwaschen. Wenn die anderen Komponenten dies gestatten, kann man auch gleich bei der Fällung Ferrichlorid zusetzen und dann so lange auswaschen, bis das Waschwasser völlig farblos durchläuft. Ist dies der Fall, so wird scharf abgesaugt und dann bei 100 bis 105° getrocknet. Meist genügt einstündiges Trocknen. Die Temperatur soll 115° nicht übersteigen, da sonst bei längerem Trocknen ein kleiner Gewichtsverlust eintritt. Das Salizylaldoximkupfer enthält 18,95% Kupfer.

β) Die Bestimmung des Mangans. Mindestens 0,2 g der betreffenden Substanz oder Asche werden mit 25 ccm doppeltnormaler Schwefelsäure gekocht. Die Kochung bezweckt die Entfernung der Kalziumverbindungen und die Lösung des Mangans. Die blank filtrierte Lösung wird mit 5 ccm doppeltnormaler Salpetersäure und 0,5 g chemisch reinem Bleioxid versetzt. Zur Abscheidung vorhandener Chloride werden einige Tropfen Silbernitratlösung hinzugefügt. Nun wird 10 Minuten lang stark gekocht. Nach der Kochung wird im dunklen Raum die nicht gelöste Substanz zum Absitzen gebracht. Die klare Lösung wird abgegossen, nicht aber durch ein Filter filtriert, und mit einer  $\frac{1}{200}$  normalen Kaliumpermanganatlösung kolorimetrisch der Mangangehalt ermittelt.<sup>19</sup> Als Kolorimeter kann für derartige Bestimmungen jeder Vergleichsapparat benutzt werden. Am einfachsten ist der von Wolf. Ferner ist das Dubosc-Kolorimeter in Gebrauch.

γ) Wasserlösliche Eisensalze. Oben ist bereits auf die in Wasser löslichen Stoffe hingewiesen. Als Schädlinge gelten auch die in Wasser löslichen Eisensalze. Es ist daher besonders auf dieselben nach irgendeinem der bekannten Verfahren zu fahnden. Handelt es sich um bedruckte Stoffe, so ist ein besonderes Verfahren angezeigt, das nicht nur die Wasserlöslichkeit der Aufdrucke, sondern auch die Reaktionsfähigkeit der organischen eisenhaltigen Farben als katalytische Massen anzeigt. Um hier Feststellungen zu treffen, wird der Stoff mit Salzsäure benetzt und mikrochemisch die eventuelle Färbung mit Ferro- oder Ferrisalz oder Rhodankalium beobachtet. Bei solchen Reaktionen ist die Reinheit der Reagenzien besonders nachzuprüfen.

<sup>19</sup> Kirchhof, Kautschuk 7 (1931) S. 26

7. **Zähigkeitsbestimmungen (Viskosität).** Es ist für viele Stoffe erforderlich, so für die Öle, Lösungen von Kautschuk, Latex usw., die verarbeitet und gebraucht werden, die Viskosität zu kennen, um stets in gleicher Weise bei der technischen Verarbeitung die Komponenten und Arbeitsmittel zu haben bzw. einzustellen. Über die Bestimmung der Viskosität von Kautschuklösungen als Qualitätskennzeichen für die Verarbeitung des Kautschuks zu Kautschukwaren ist bereits oben gesprochen worden. Es ist dort auf das rein empirisch für die Verarbeitungsgleichheit

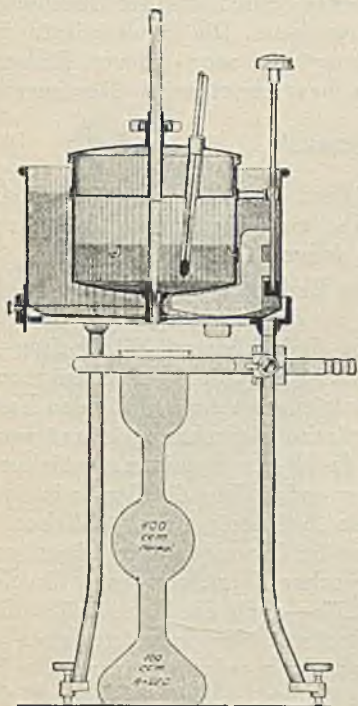


Abb. 7. Viskosimeter nach Engler, verbesserter Normalapparat (Sommer & Runge, Bln.-Friedenau)

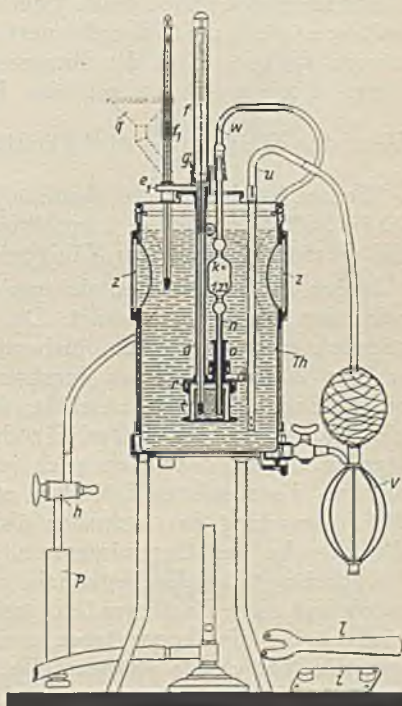


Abb. 8. Vogel-Ossag-Viskosimeter (Sommer & Runge, Bln.-Friedenau)

normierte Gefäß von Frank-Marcwald hingewiesen worden. Für die Zähigkeitsmessung von technischen Kautschuklösungen, Teeren, Asphalt, Ölen, Lacken usw. dient technisch allgemein die üblich genormte Apparatur, die von Engler eingeführt ist. In einzelnen Fällen ist auch das Konsistometer von Mallison<sup>20</sup> verwendbar. Durch die Bearbeitung von Holde, Ubbelohde und anderen hat die Apparatur von Engler (Abb. 7) eine sehr eingehende Normung und Tabellierung gefunden.<sup>20</sup> Daneben ist das Vogel-Ossag-Viskosimeter (Abbildung 8) D. R. P. 373 779 zu nennen. Dasselbe ermöglicht in außer-

<sup>20</sup> Vgl. Holde, Kohlenwasserstoffe und Fette, Aufl. VII (1933) S. 8 und Lunge-Berl, 8. Aufl. Bd. 4 S. 619 u. 4 359



ordentlich exakter und einfacher Weise die Bestimmung der Viskositäten von Ölen und Lösungen in nicht flüchtigen Lösungsmitteln. Für die Einzelheiten der Viskositätsbestimmung muß auf die Spezialwerke hingewiesen werden. Es soll hier nur die Definition der Viskosität ihren Platz finden. Die Viskosität oder Zähigkeit ist die Eigenschaft einer Flüssigkeit der Verschiebung zweier benachbarter Schichten einen Widerstand entgegenzusetzen. Als absolutes Maß der Zähigkeit ( $\eta$ ) einer Flüssigkeit dient die Kraft, die eine Flüssigkeitsschicht von einem Quadratcentimeter Oberfläche über eine gleich große 1 cm entfernte Schicht mit der Geschwindigkeit von 1 cm pro Sekunde verschieben kann. Die so definierte dynamische Zähigkeit hat die Dimension  $\text{cm}^{-1} \cdot \text{g sec}^{-1}$ , deren Einheit zu Ehren Poiseuilles als eine Poise bezeichnet wird. Der reziproke Wert der Zähigkeit  $\frac{1}{\eta}$  wird Fluidität genannt.

Wasser hat bei  $0^\circ$  die absolute Zähigkeit 0,01792, bei  $20^\circ$  0,01004, bei  $20,2^\circ$  0,01000 poisen = 1 centipoise. Die auf Wasser von  $20,2^\circ$  als Einheit bezogene spezifische Zähigkeit ist daher = 100  $[\eta]$ .

In der Technik werden als empirische Einheiten Englergrade, Sayboltsekunden usw. angewendet. Da die in den Englergraden usw. ausgedrückten Viskositäten insbesondere bei kleinen Zähigkeiten den wahren Zähigkeitswerten durchaus nicht proportional sind, können sie nur als bedingte Vergleichszahlen für Betriebszwecke und für den Handel, nicht aber als Grundlagen für dynamische Berechnungen angewendet werden. Es ist deswegen auch jetzt das Bestreben immer stärker geworden, die absoluten Einheiten zu verwenden. Für die Praxis ist jedoch die Anwendung der technisch üblichen Meßwerte noch geblieben. Für die Zwecke der Gummiwarenindustrie ist besonders für Lösungen zu Verarbeitungszwecken irgendein empirischer Wert, also auch die Kennzeichnung nach Englergraden, geeignet. Da auch die Schmieröle, die so vielfach für die Apparaturen und Maschinen der Industrie, aber auch verschiedentlich als Aufbaustoffe gebraucht werden, dauernd der Kontrolle im Laboratorium zu unterliegen haben, ist auf die den Viskosimetern beigegebenen Tabellenwerke zu verweisen. Z. B. gibt die dem Vogel-Ossag-Viskosimeter beigegebene Tabelle jede im Handel übliche Berechnung auf absolute Einheiten auf Englergrade, Saybolt- und Redwoodsekunden wieder.<sup>21</sup> Genannt werden müssen noch die Prüfgeräte von Ubbelohde und das von Höppler.

**8. Flammpunktbestimmung.** Für die Lösungsmittel und für die Hilfs- und Zusatzstoffe ist es erforderlich, wegen der Lagerung bzw. der Lagerungsvorschriften und der Verwend- und Verarbeitbarkeit, die Flammpunkte zu kennen. Man verwendet für ihre Kennzeichnung bei den niedrig siedenden Stoffen, wie Benzin und Petroleum, den Flammpunktmesser nach Abel und für die Öle, die als Treib- oder Heizöle dienen, Apparate nach Pensky-Martens. Im Einkauf und zur Anpassung

<sup>21</sup> Vgl. auch Ubbelohde, Tabelle zum Englerschen Viskosimeter (Leipzig 1907) und Walther

aller Schmieröle verwendet man den Apparat von Marcusson (Brenken). Alle Apparaturen sind genau genormt; auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden. Es seien nur die Abbildungen der Flammpunktprüfer gegeben. (Abel-Pensky, Marcusson [Brenken] [Abb. 9] nach den Normen des deutschen Verbandes, des D. V. M. Normblatt 3661.) Die Definition des Flammpunktes ist folgende: Unter Flammpunkt (Fp) versteht man die niedrigste Temperatur, bei der der

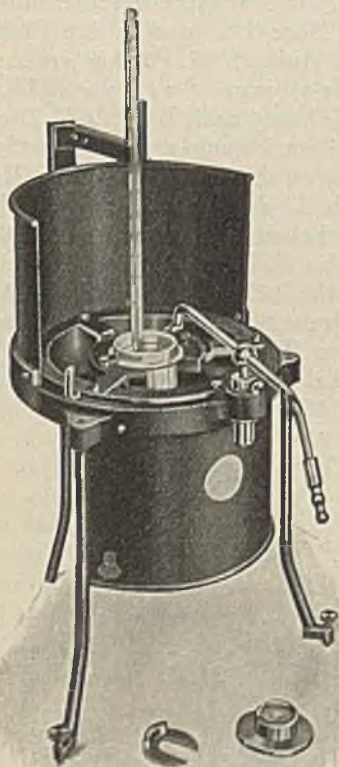


Abb. 9. Flammpunktprüfer mit offenem Tiegel  
(Sommer & Runge, Bln.-Friedenau)



Abb. 10. Tropfpunktapparat nach Ubbelohde



Abb. 11. Glasnippel zum Tropfpunktapparat nach Ubbelohde

betreffende Stoff auf einem Apparat bestimmter vereinbarter Abmessungen und Benutzungsweise so viel Dämpfe entwickelt, daß diese mit der mittelbar über der Oberfläche befindlichen Luftschicht eine bei Annäherung einer Flamme entzündliche explosive Mischung bildet, d. h. daß der Gehalt der über dem Öl befindlichen Luft an brennbaren Dämpfen die untere Explosionsgrenze erreicht. Der Wert ist keine absolute physikalische Konstante, sondern abhängig von der Art des verwendeten Apparates, dem Erwärmungstempo, der Zündung, dem Luftdruck usw. Zur



Definition des Flammpunktes gehört daher in jedem Falle die Angabe des benutzten Apparates, der Arbeitsweise und des Barometerstandes.

9. **Erweichungs- und Erstarrungspunkt.** Die Erweichungs- und Erstarrungspunkte von den verschiedenen Hilfsmitteln, die zur Verarbeitung kommen, müssen gleichfalls bestimmt und innegehalten werden. Für die Bestimmung derselben sind eine Reihe von Apparaturen festgelegt; z. B. für salbenartige Stoffe, wie Vaseline, Asphalte, Weichpeche usw., dient der Apparat nach Ubbelohde (Abb. 10 und 11). Der Apparat ist normiert und wird mit Prüfschein geliefert. Die besondere Beschreibung findet sich in D. V. M. Druckschrift Nr. 80, März 1930 und in den Richtlinien für die Prüfung von Schmiermitteln, 5. Aufl., S. 67. Für härtere Asphalte und Peche dient der Apparat von Kraemer-Sarnow (Abb. 12).<sup>22</sup> Besonders erwähnenswert ist die Ausführung nach Barta<sup>23</sup>. Die internationale Ring- und Kugelmethode<sup>24</sup> muß auch erwähnt werden. Sie kann in dem Kautschuklaboratorium verschiedene empirische Verwendung finden und ist deswegen in Abb. 13 dargestellt. In der Abbildung ist der Ring A ein 6,35 mm langes Stückchen Messingrohr von 15,875 mm lichter Weite und 2,38 mm Wandstärke (Toleranz für lichte Weite und Wandstärke 0,25 mm), das an einem 1,83 mm Messingdraht B in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise befestigt ist. Eine Stahlkugel C hat 9,35 mm Durchmesser und wiegt  $3,50 \pm 0,05$  g.

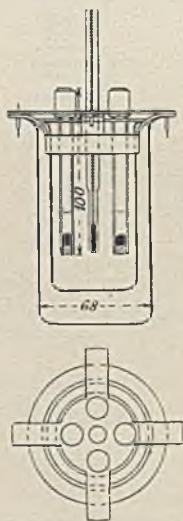


Abb. 12. Erweichungspunktbestimmung nach Kraemer-Sarnow

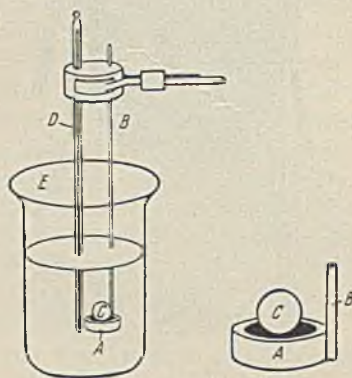


Abb. 13. Apparat zur Bestimmung des Erweichungspunktes nach der Ring- und Kugelmethode

Das Thermometer D ist ein auf volle Eintauchtiefe geeichtes Stabthermometer von 6 bis 7 mm (I. P. T. 6,5 bis 7,5 mm) Dicke und 378 bis 384 mm (I. P. T. 370 bis 400 mm) Länge mit 4 bis 14 mm langem, 4,5 bis 5,5 mm dickem Quecksilbergeläß.

<sup>22</sup> Vgl. Spilker, Kokerei und Teerprod. 1933 S. 139 und Berl-Lunge, 8. Aufl. Bd. 4 S. 369

<sup>23</sup> Petroleum 7 (1911, 1912) S. 158

<sup>24</sup> A.S.T.M., Serienbezeichnung D, 36—26, Berl-Lunge, 8. Aufl. Bd. 4 S. 926

**Erstarrungspunkt** nach Shukoff,<sup>25</sup> Paraffine, Wachse, Phenole, Naphthalin, Thymol und eine Reihe anderer Körper werden durch den Erstarrungspunkt gekennzeichnet. Derselbe wird ausgeführt im Shukoff-Kölbchen. Dieses ist ein kleines normiertes Dewargefäß nach den Maßen der Abb. 14. Zur Ausführung der Bestimmung wird das Gefäß zu etwa drei Viertel vollgefüllt mit der aufgeschmolzenen Untersuchungssubstanz. Das Thermometer, das in  $1/10^{\circ}$  C eingeteilt ist, muß mit seinem Quecksilbergefäß etwa in der Mitte der Probemasse stehen und wird durch den Verschlußstopfen genau festgehalten. Man läßt auf etwa  $5^{\circ}$  über den erwarteten Erstarrungspunkt abkühlen und schüttelt nun vorsichtig, bis die erste Trübung beobachtet wird. Danach liest man in Zehntelgraden die Temperatursteigerung und den Punkt, an dem die konstante Temperatur beobachtet wird, ab. Die Differenzen bei den Parallelbestimmungen sind nicht höher als  $0,2^{\circ}$ .

**10. Siedeverhalten.** Für viele Stoffe, die in der Industrie gebraucht werden, ist das Siedeverhalten ein besonderes Kennzeichen für die Art des Stoffes und für seine Verwendungsmöglichkeit. Leider sind die Methoden, die handelsüblich für die Bestimmung des Siedeverhaltens angewendet werden, noch verschieden. Sie müssen deswegen hier im einzelnen geschildert werden. Für alle Stoffe, die dem Mineralöl, also dem Erdöl, zugehören, wird die Siedeskala nach der Methode von Engler bzw. nach der verbesserten Methode Engler-Ubbelohde durchgeführt. Gebraucht wird ein Glaskolben bestimmter Abmessung, siehe Abb. 15. Dieser

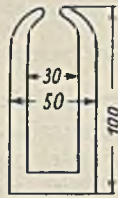


Abb. 14. Shukoff-Apparat zur Bestimmung des Erstarrungspunktes. Maße in mm

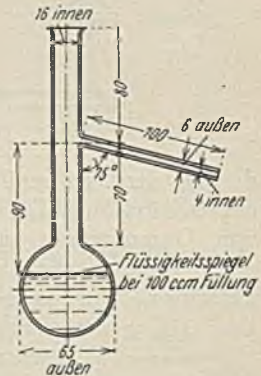


Abb. 15. Englerkolben

Kolben sollte heute ausschließlich aus Pyrex- oder Durexglas hergestellt verwendet werden, weil diese Glassorten nicht die Gefahr des Zerspringens in dem Maße haben, in dem sie sonst vielfach in Laboratorien bei der Handhabung vorkommt, die nicht durch Spezialisten ausgeführt wird. Der Kolben ist mit einem ebenso genau in seinen Dimensionen bestimmten Kühler verbunden. Als Vorlage dienen meist Meßzylinder, die Ablesungen von  $0,5$  ccm gestatten. Die ganze Zusammenstellung der Apparatur ist genau festgelegt (Abb. 16), da es sich um eine empirische Methode handelt. Abweichungen irgendwelcher Art von der festgelegten Arbeitsweise und Arbeitsgerät sind nicht gestattet und führen zu großen Fehlern. Die Qualität der Benzine, die so kontrolliert wird, ist für die einzelnen Anwendungszwecke eine durchaus verschiedene.

<sup>25</sup> Holde I. c. S. 296



Für die anderen Stoffe, z. B. Gasöl, Spindelöl usw., die in der Gummiwarenindustrie hier und da verwendet werden, wird das gleiche Arbeitsmodell, wie es für Benzin angegeben ist, verwendet, falls aus irgendeinem Arbeitsgrund die Bestimmung des Siedeverhaltens, sei es zur Charakterisierung des Stoffes oder sei es für den Zweck der Verwendung, erforder-

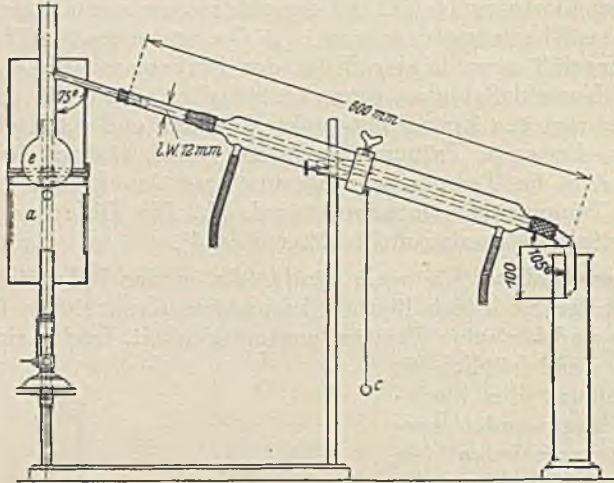


Abb. 16. Destillationsapparat nach Engler-Ubbelohde

derlich wird. Es muß hier vorsorglich darauf hingewiesen werden, daß die Mineralöle, die, wie Schmieröle, Zylinderöle usw., zum Aufbau von Gummiwaren mit verwendet werden, unter normalen Drucken nicht ohne Zersetzung destilliert werden können. Es ist deswegen zwecklos, wie es häufig geschieht, für derartige Aufbaustoffe, die auch als Werkstoffe im maschinellen Betriebe gebraucht werden, das Siedeverhalten als Kennzeichen anzugeben oder zu verlangen.

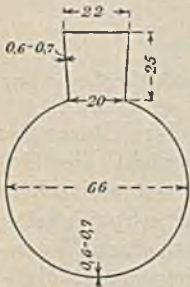


Abb. 17. Siedegefaß

Für die Halogenprodukte läßt sich der Apparat von Engler bzw. Engler-Ubbelohde gleichfalls zur Kennzeichnung des Siedeverhaltens verwenden. Das Siedeverhalten dieser Stoffe kennzeichnet ihre Reinheit. Sie haben im allgemeinen, da es sich um chemische Individuen oder technisch reine Produkte handelt, sehr enge Siedegrenzen. Das gleiche trifft für Schwefelkohlenstoff zu. Bei Schwefelkohlenstoff und Methylenechlorid ist eine sehr sorgfältige Kühlung durch Eisvorlagen erforderlich. Die Siedegrenzen bzw. die Siedepunkte der betreffenden Stoffe, die hauptsächlich in Frage kommen, sind die folgenden: Methylenechlorid 42°, Äthylenechlorid techn. 84°, Chloroform 61°, Trichloräthylen 87°, Schwefelkohlenstoff 46°, Trichloräthan 116°.

Das Siedeverhalten von Benzol und seinen Homologen. Für die Bestimmung des Siedeverhaltens von Benzolkohlenwasserstoffen ist gleichfalls eine genaue Apparatur festgelegt. Sie ist ge-

gründet auf die Arbeiten von B a n n o w.<sup>26</sup> Diese Arbeit ist weiter ausgebaut, von Frank<sup>27</sup> und von Krämer und Spilker.<sup>28</sup> Als Siedegeäß dient hier ein genau in seinen Abmessungen festgelegtes Gefäß aus Kupferblech (siehe Abb. 17). Dasselbe wird durch ein T-Stück aus Glas gleichfalls genau genormter Abmessung mit einem gleichfalls genormten Kühler verbunden. Der Kühler ist mit einer Vorlage verbunden und führt in einen in halbe Kubikzentimeter geteilten Meßzylinder (Abb. 18, ganze Apparatur).

Im allgemeinen kann empfohlen werden, die hier geschilderte Apparatur auch für die Untersuchung von Schwefelkohlenstoff zu verwenden,

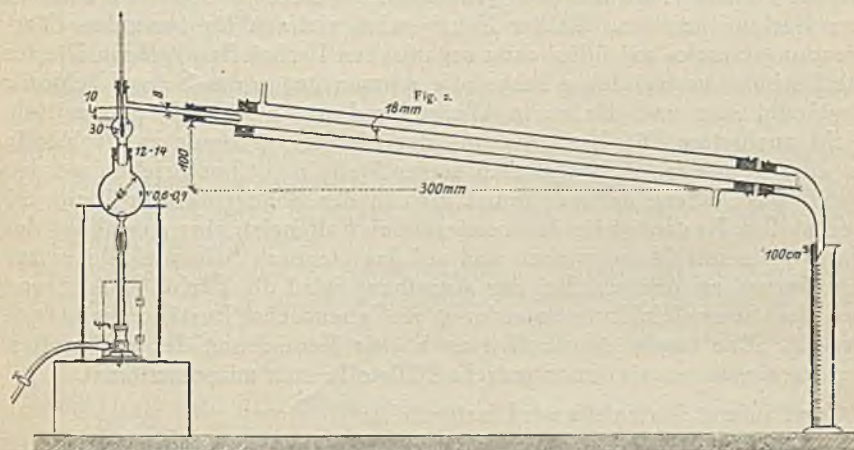


Abb. 18. Apparat zur Siedepunkt-Bestimmung der Benzol-Kohlenwasserstoffe

weil sie im Siedeapparat keine Glasteile enthält und daher eine größere Sicherung für den Laboratoriumsbetrieb zuläßt. Kühlung mit Eis muß aber auch bei Verwendung dieser Apparatur bei Schwefelkohlenstoff-Untersuchung verlangt werden. Sicherung gegen Geruchsbelästigung und Brände kann durch generell im Laboratorium den Destillationsvorlagen nachgeschaltete Kohlentürme erzielt werden.

## C. Stoffe, die eine besondere Untersuchung verlangen

### 1. Faktis

Faktis, der wie in dem technischen Teil dargestellt ist, eines der wichtigsten organischen Füllmittel der Gummiwarenindustrie ist, dient sowohl als Füllmittel, wie als Alterungsschutz in den Gummimischungen. Er wird aber vielfach auch, entsprechend mit Mineralien gefüllt, für eine Reihe von Waren (Radiergummi, Polsterungen usw.) verarbeitet. Es

<sup>26</sup> Chem. Ind. (1884) S. 150

<sup>27</sup> Chem. Ind. (1901) S. 262

<sup>28</sup> Muspratt, Chemie Bd. 8 S. 35 und Untersuchung der Steinkohlenteerprodukte von Spilker, Weißgerber, Verlag Knapp, 1918 S. 114. (Vgl. auch Berl-Lunge, Aufl. 8 Bd. 4 S. 279)



ist daher nötig, die Beschaffenheit des Stoffes bei der Verarbeitung genau zu kennen. Man unterscheidet zwischen weißem und braunem Faktis.

#### a) Weißer Faktis

Der weiße Faktis ist eine lockere, krümelige, elastische Masse von hellgelber bis fast weißer, seltener brauner Farbe; diese Masse entsteht beim Behandeln der fetten Öle mit Schwefelchlorür. Eine besondere Marke des weißen Faktis ist die, die aus Rizinusöl unter Zusatz von Mineralöl oder Paraffin dargestellt wird. Sie wird unter dem Namen »französischer weißer Faktis« (Para français) gehandelt. Die Bezeichnung hat nichts mit der Herkunft zu tun. Weißer Faktis wird vielfach für besondere Verwendungszwecke mit öllöslichen organischen Farbstoffen gefärbt. Die für die Färbung verwendeten Farbstoffe müssen gegen das Schwefelchlorür beständig sein und dürfen in Wasser und organischen Lösungsmitteln nicht ausbluten. Die Untersuchung der hierfür verwendeten Farbstoffe ist eine besondere Arbeit, die an dieser Stelle nicht beschrieben werden kann. Das Nähere darüber findet man in der Sonderliteratur (Seite 34, Farbstoffe). Es genügt für den vorliegenden Fall meist, eine Anreicherung des Farbstoffes mit Öl zu machen und auf das Gemisch Schwefelchlorür zur Einwirkung zu bringen. Bei der Anreicherung wird die Färbefähigkeit und bei der Schwefelchlorüreinwirkung die chemische Beständigkeit festgestellt. Man macht gewöhnlich auch eine Veraschung des Farbstoffes, um zu wissen, wieviel anorganische Füllstoffe man mitgekauft hat.

Zur Prüfung des Faktis wird festgestellt:

α) Ob wasserlösliche Stoffe vorhanden sind und in welcher Form sie vorliegen. Freie Säuren sollten nicht zugegen sein, dagegen können Chloride anwesend sein, weil zum Schutz gegen bei der Lagerung abspaltbare Salzsäure, Magnesia oder Kreide auf- bzw. eingestreut wird. Es ist nur nötig, daß diese Zusätze in einer solchen Menge vorhanden sind, daß sie auch wirklich die eventuell abgespaltene Säure aufnehmen.

β) Bestimmung des Schwefels und Chlors. Der Gesamtschwefel wird bestimmt nach einer der auf Seite 62 angegebenen Arbeitsweisen. Die Chlorbestimmung wird ausgeführt durch Schmelzen eines Gemisches der Faktisprobe (0,5 g) mit chemisch reinem Soda-Pottaschegemisch (3 bis 5 g). Die verglühte Mischung wird mit Wasser ausgezogen und mit Silbernitrat die Chlormenge gravimetrisch oder titrimetrisch bestimmt.

γ) Freie Öle und nicht genügend zur Verfestigung geschwefelte und chlorgeschwefelte fette Öle werden bestimmt durch die Extraktion mit Azeton, vgl. Seite 70. In die Azetonlösung gehen auch der nicht gebundene Schwefel, zugesetzte fette und mineralische Öle und der Teil der chlorgeschwefelten Produkte, der nicht genügend weit ausreagiert ist. Die Paraffin-Kohlenwasserstoffe werden bestimmt im Azetonextrakt nach einer der auf Seite 70 angegebenen Methoden.

## b) Brauner Faktis

Brauner Faktis ist der aus fettem Öl durch Behandlung mit Schwefel in der Wärme hergestellte Schutz- und Aufbaustoff. Er ist besonders widerstandsfähig und gegen Wärme, Licht und chemische Angriffe sehr beständig. Auch von dieser Sorte gibt es eine mit Paraffin-Kohlenwasserstoffen beladene, sogenannte französische (Para français-) Sorte. In diesem Faktis sind auch häufig Pech, Harz, Asphalte usw. zu besonderen Zwecken eingebettet. Das Öl ist häufig auch voroxydiert.

Wertbestimmung des braunen Faktis. Der braune Faktis soll:

- a) keine wasserlöslichen Anteile enthalten und auch im allgemeinen kein Chlor und keine Asche.
- β) Die Schwefelbestimmung wird ausgeführt nach einer der Methoden, die auf Seite 62 ff. beschrieben sind.
- γ) Auf ungenügend geschwefelte oder auf zugesetzte, nicht mit Schwefel in Reaktion getretene Körper, z. B. die Paraffin-Kohlenwasserstoffe, wird durch Extraktion mit Azeton im Extrakt geprüft (vgl. weiter oben und Seite 70).

Grandel<sup>29</sup> hat eine Zusammenstellung von analytischen Forderungen angegeben, die im nachfolgenden mit aufgeführt werden sollen.

Zusammenstellung der analytischen Ausführungen

- a) Extraktion von 2 bis 4 g Faktis mit Azeton bis zur Erschöpfung.

Der Extrakt wie der Extraktionsrückstand werden für sich bei eingehenderer Untersuchung nach Spitz-Hönig<sup>30</sup> zerlegt. In den Fettsäuren werden die gebundenen Schwefelmengen und eventuell die Jodzahl bestimmt. Das Unverseifbare wird nach Möglichkeit identifiziert.

- b) Bestimmung des Gesamtschwefels und -chlors.

c) Bestimmung der Gesamtasche und deren qualitative Untersuchung (Kupfer, Mangan, Kobalt usw.) aus dem Öl, dem Arbeitsgefäß oder zugesetztem Sikkativ.

d) Bestimmung des Gesamtverseifbaren und -unverseifbaren im Ausgangsmaterial und eventuell Untersuchung der verseifbaren Anteile auf Schwefelgehalt, Jod- und Verseifungszahl usw. (Die Untersuchung ist im allgemeinen mehr anzuraten als die zu a.)

e) Normalien sind für die Wertbestimmung des Faktis noch nicht aufgestellt. Immerhin können folgende Prüfungen als wichtige Erkennungsmittel zur Beurteilung und Bewertung der Faktisorten herangezogen werden, und sind von den vorerwähnten Untersuchungen nur die nach den Angaben zu b) und c) durchzuführen.

Der Faktis soll:

- a) 1 : 20 mit kaltem Wasser ausgeschüttelt, diesem allerhöchstens eine ganz minimale saure Reaktion gegen Kongopapier geben.

<sup>29</sup> Kautschuk 7 (1931) S. 48

<sup>30</sup> Berl-Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmeth. 8. Aufl. Bd. 4 S. 698



β) 1 : 20 mit 96proz. Alkohol  $\frac{1}{2}$  Stunde lang bei 50 bis 60° digeriert, an den Alkohol nur neutrales Magnesium- oder Kalziumsalz abgeben.

γ) Trocken eine Stunde hindurch auf 100 bis 130° C, je nach Verwendung, erhitzt, sich nicht nennenswert verändern und keine Säuredämpfe abgeben. (Dies gilt hauptsächlich für trockene, weiße Faktisse.)

## 2. Ruß (Lamp-black)

Eine überragende Bedeutung als Verstärkungs- und Füllmittel kommt heute dem meist windgesichteten — und vielfach staubfreien — Ruß zu, der in sehr verschiedenen Qualitäten und Markenzeichen, z. B. Micronex, Carbonblack, Disperso oder auch unter seinem guten deutschen Namen als Gasruß, Ölruß, Azetylenruß usw., in die Fabrik kommt. Seine durchaus verschiedenartige mechanische und aktivierende Wirkung kann nur durch Misch- und Vulkanisierungsversuche sichergestellt werden. Es ist bei solchen unerlässlich, die Vergleichsarbeit für den Einzelfall und den Einzelbeschleuniger unter Bedingungen anzustellen, wie sie genau der späteren Großverarbeitung entsprechen.

Die Laboratoriumsprüfung verlangt Sichtfeinheit, möglichst unter 100  $\mu$ , wobei Teilchengrößen, die zwischen 40 und 120  $\mu\mu$  liegen, nichts Ungewöhnliches sind und bevorzugt werden. Größere Teile — Grit — sollen möglichst vollkommen fehlen (2 bis 3% sollen unschädlich sein, siehe K e a r a s k y und P a r k.<sup>31</sup> Die Bestimmung der Sichtfeinheit geschieht durch Aufschlännen mit Wasser und Passierenlassen der Schlämme durch entsprechende Normsiebe. Als weitere Prüfungen sind auszuführen: W a s s e r g e h a l t nach der Xylolmethode, wobei nicht unter 10 g Ruß angewendet werden. Dieselben werden vorsichtig in 100 g Xylol eingetragen. Die homogene Mischung wird im Seite 26 dargestellten Apparat zur Destillation gebracht und die Wassermenge nach etwa 30 Minuten Destillationszeit abgelesen. Falls man nach Seite 26 aus einem Kolben in eine Vorlage destilliert, sind möglichst 25 g Ruß und 150 ccm Xylol zu verwenden und etwa 75 ccm abzudestillieren. Die Menge des Wassers ist nicht begrenzt, im Mittel sind  $1\frac{1}{2}$  bis maximal 4% zugegen. In Ä t h e r oder A z e t o n l ö s l i c h e »teerige« Anteile sollen nicht vorhanden sein. F l ü c h t i g e Anteile nach M u c k sollen nach Abzug des Wassers nicht über 5% sein. Ausführung dieser Methode:

Das Prüfgerät ist ein außen mattierter Platintiegel von guter Oberflächenbeschaffenheit mit 22 mm Bodendurchmesser, 40 mm Höhe und 35 mm oberem Durchmesser sowie mit übergreifendem, dicht schließendem, in der Mitte mit einem 2 mm weiten Loch versehenen Deckel im Gesamtgewicht von  $25 \pm 0,5$  g. Man gibt 1 g der frischen, ungetrockneten, gepulverten Kohle in den Platintiegel und erhitzt über der vollen Flamme eines Bunsenbrenners 7 Minuten lang. Der Tiegel soll auf einem Platindreieck ruhen, und der Tiegelboden soll sich 6 bis 8 cm über der Brenneröffnung befinden. Die Flamme soll frei brennend reichlich 20 cm hoch sein, und die Bestimmung soll an einem zugfreien Ort ausgeführt werden.

<sup>31</sup> Kautschuk 8 (1932) S. 8

Prüfung auf Adsorptionsverhalten:<sup>32</sup> 100 ccm einer alkoholischen Lösung (Methanol oder Äthanol) des zu verwendenden Beschleunigers, z. B. Diphenylguanidin in sechs verschiedenen Normalitätsgraden (0,0025, 0,005, 0,0075, 0,010, 0,015 und 0,020, wobei 0,0025 = 0,5275 g Diphenylguanidin entsprechen), werden mit 2,0 g der Rußprobe geschüttelt. Die Mischung wird dann zentrifugiert. Von der klaren Lösung werden dreimal je 10 ccm mit der entsprechend normalen alkoholischen Salzsäure unter Verwendung von Bromphenolblaulösung (0,1 : 100 ccm Alkohol) als Indikator titriert. Die Beziehung zwischen der in Lösung verbliebenen und der Menge des von Ruß adsorbierten Beschleunigers wird ausgewertet. Je geringer die vom Ruß adsorbierte Menge des Beschleunigers ist, um so mehr wird der Ruß bei sonst guten Eigenschaften geschätzt. (Die vom Ruß adsorbierte Menge des Beschleunigers geht für die Vulkanisation verloren.) Andere Methoden folgen der von Mecklenburg sowie von Berl und Burckhardt<sup>33</sup> für die Adsorptionsfähigkeit von aktiver Kohle beschriebenen Titration mit Methylenblau.<sup>34</sup> Das Deutsche Arzneibuch VI gibt folgende Bestimmungsmethode an: In einem mit Glasstopfen verschlossenen Glaszylinder schüttelt man 0,1 g bei 120° getrocknete und feingesiebte medizinische Kohle mit 25 ccm Methylenblaulösung (0,15 g in 100 ccm Wasser), fügt nach der Entfärbung weitere 5 ccm Methylenblaulösung zu, schüttelt und wiederholt den Zusatz von je 5 ccm Methylenblaulösung so lange, als nach kräftigem Umschütteln noch Entfärbung eintritt. Hierbei müssen insgesamt mindestens 35 ccm Methylenblaulösung innerhalb 5 Minuten entfärbt werden.

Das Schüttgewicht des Rußes wird häufig ermittelt (vgl. Seite 16). Ebenso das wahre spezifische Gewicht (vgl. Seite 16).

Es sei ferner auf die Prüfung über das Färbevermögen der Rußsorten hingewiesen, das auch für einzelne Verwendungsarten in der Gummi-Industrie zu berücksichtigen ist. Man reibt mit Öl auf weißer Glas- oder Emaillepalette oder Scherben, oder besser stufenweise jeweils in Mischung mit 50 g Zinkoxyd und Glycerin (besser Knochenöl nach Frank) an und vergleicht mit Standardmischungen.<sup>35</sup>

Als Haupt-Wertbestimmung muß die Prüfung über das Verhalten in Gummimischungen bezeichnet werden. (Formel in Anlehnung an Firestone: Kautschuk 100,0, Ruß 38,0, Zinkoxyd 5,0, Schwefel 3,5, Stearinsäure 2,5, Beschleuniger etwa 1,00, vgl. auch Seite 47.) Da jede derartige Mischarbeit mit gewissen persönlichen Fehlern verknüpft ist, wird stets eine Standardmarke, deren Verhalten im Betriebe genau bekannt ist, gleichzeitig gemischt und mitvulkanisiert. Die Vulkanisate werden zusammen gealtert, möglichst unter 10% Dehnung (Alterung Seite 97). Ruß hat einen beachtlichen Einfluß auf die noch viel zu wenig

<sup>32</sup> Drogin, I.R.W. 83 S. 57—59; Reuter, Kautschuk 7 (1931) S. 132

<sup>33</sup> Z. angew. Chem. (1930) S. 904

<sup>34</sup> Siehe auch Ditmar und Preuße, Gummi-Ztg. 46 (1931) S. 243

<sup>35</sup> Garner, Gummi-Ztg. 44 (1930) S. 2170



beobachtete und gewertete Kerbzähigkeit, z. B. der profilierten Reifenfläche.<sup>36</sup>

Unerlässlich ist bei Rußsorten, deren Herkunft nicht sicher bekannt ist, eine Untersuchung auf Mangan, das nicht ganz selten aus den Kühleinbauten stammt, und auf Kupfer. (Arbeitsweise siehe Seite 18.)

### 3. Zinkoxyd

Bei der außerordentlichen Bedeutung, die dem Zinkoxyd in allen Teilen der Gummi-Industrie zukommt, muß auf die eingehende Prüfung dieses Stoffes besonders hingewiesen werden. Es muß absolute chemische Reinheit des Oxyds und größte und gleichmäßige Mahlfeinheit gefordert werden. Zur Prüfung auf Reinheit wird verlangt: Löslichkeit in 10proz. Essigsäure, ohne daß sich bei der Lösung Kohlensäure entwickelt. Die klare Lösung darf weder Eisen noch Blei in irgendeiner auch nur mikrochemisch nachweisbaren Form enthalten. Was die Mahlfeinheit des Zinkoxydes für die Anwendung in der Kautschukwarenindustrie betrifft, so muß allgemein auf größte und gleichmäßigste Mahlfeinheit Wert gelegt werden. Da wo das Produkt für nahtlose und transparente Artikel gebraucht wird, muß sogar unbedingt kolloidale Struktur und Korngröße von wenigen  $\mu$  oder  $\mu\mu$  verlangt werden. Die Kornfeinheit wird für technische Waren im allgemeinen im Apparat nach *Chancel* gemessen (Prüfausführung vgl. bei Schwefel, Seite 39) oder in Anreibung mit Knochenöl mikroskopisch am Raster.

Das Zinkoxyd wird nicht nur als Farbstoff und Erweichungsmittel bei der Mischung von Gummiwaren angesehen, sondern es ist der vornehmste Anreger für die Wirksamkeit der organischen Beschleuniger.

### 4. Titanoxyd

Ein jetzt vielfach gebrauchter, weißer beständiger anorganischer Farb- und Füllstoff ist das Titanoxyd. Es muß eingehend auf in Wasser und verdünnter Salzsäure lösliche Stoffe geprüft werden. Die eventuell vorhandenen Titansalze wirken schädlich auf die Vulkanisate (Fertigwaren).

### 5. Zinnober

Zinnober ist das ausgiebigste und schönste Rot für die Gummimischung. Es findet im weiten Maße Anwendung für die verschiedenartigsten Artikel. Es kommt in einer Reihe verschiedener Nuancen in den Handel, die alle, soweit es sich um reelle Waren handelt, aus reinem Zinnober bestehen, das nur selten mit kleinen Mengen mineralischer Fremdstoffe, die mit wasserunlöslicher Anilinfarbe gefärbt sind, verfälscht ist. Aus der Extraktion des Zinnobers mit Äther oder Azeton und aus seiner Aschenbestimmung läßt sich die Anwesenheit einer derartigen Fälschung bestimmen. Zu prüfen ist besonders auf wasserlösliche Quecksilberverbindungen, zumal derartige rote Mischungen häufig zu Waren gebraucht werden, die auch in der Genußmittelbranche usw. Verwendung finden.

<sup>36</sup> Talalay, Kautschuk 9 (1933) S. 82

Näheres über die chemische Wertprüfung des Zinnobers siehe W. D. Treadwell.<sup>37</sup>

## 6. Andere organische und mineralische Aufbau- und Zusatzstoffe

### Allgemeines

Die noch nicht behandelten organischen Aufbaustoffe, die meist auch Alterungsschutzstoffe und Erweichungsmittel darstellen, sind oben genannt. Sie sind allgemein auf spezifisches Gewicht, Wassergehalt, mechanische Verunreinigungen und arteigene Eigenschaften zu prüfen. Z. B. fette Öle, Wachse, Harze usw., auf Säure-, Verseifungs- und evtl. Jodzahl; mineralische Öle auf Flammpunkt, Zähflüssigkeit; Bitumina und Peche auf den Erweichungspunkt nach Krämer-Sarnow oder nach der Ring- und Ballmethode (vgl. Seite 24), Viskosität, Schwefelgehalt, das in organischen Lösungsmitteln Unlösliche, seine Beschaffenheit und die Aschengehalte. Hierhin gehören auch die organischen Farbstoffe. Über die Untersuchungsmethoden ist das allgemein Übliche oben gesagt. Es muß einzelnes über die Sondereigenschaften einiger der Stoffe noch gesagt werden.

#### a) Asphalte, auch Mineral-Rubber genannte Bitumina

Der zu Gummimischungen verwendete Asphalt soll ein reines Naturprodukt oder ein aus den schwefelhaltigen oder geschwefelten Asphaltbasisölen durch Konzentration und zum Teil nachfolgendes Blasen gewonnener, zum Teil hoch schmelzender Stoff sein. Der Gehalt an organisch gebundenem Schwefel ist von Bedeutung. Eine untere Grenze des erwünschten Schwefelgehaltes ist noch nicht festgelegt.

Geschätzt werden diejenigen Bitumina, deren Erweichungspunkt nicht unter 30 bis 35° liegt. Die geblasenen Asphalte schmelzen zum Teil zwischen 60 und 100° und für besondere Zwecke bearbeitet sogar weit über 100°. Sie sollen so behandelt sein, daß sie den vom Rohstoff stammenden Gehalt an chemisch gebundenem Schwefel aufweisen und noch duktil sind. Ein Teil des Asphaltes löst sich in Azeton. Es sollen möglichst 99,8% in Schwefelkohlenstoff oder Chloroform löslich und bei 163° in 3 Stunden nur kleine Mengen, etwa 3%, flüchtig sein. Über die Bestimmung der Erweichungspunkte, Viskosität u. a. vgl. Seite 24.

#### b) Steinkohlenteerpech

Das in der Gummischuhfabrikation vielfach noch verwendete Steinkohlenteerpech wird vereinzelt noch in den Gummiwarenfabriken durch Einkochen von Teer in offenen Pfannen dargestellt. Der Erweichungspunkt des so erkochten Peches liegt selten unter 52° C, und der Gehalt an koksartigen Bestandteilen ist durch die Art des Kochens und die Herkunft des Teeres sehr verschieden und vielfach sehr hoch (15 bis 35%). Dieser Koks kann sich häufig sehr nachteilig in der Kerbzähigkeit, besonders der Sohlen, auswirken. Man sollte deswegen ausgesuchte Peche aus der fabrikmäßigen Verarbeitung von Kokereiteer bevorzugen. Der in

<sup>37</sup> Elektroanalytische Methoden, (Berlin 1915) S. 212



Xylol oder Schwefelkohlenstoff unlösliche Anteil sollte rußartig weich sein.

Bei der Untersuchungsmethode der Kautschukwaren kommt dieser Koks stets als gritartiger Ruß mit in die Analysenberechnung und ist von diesem nicht zu trennen. Ebensowenig ist die in Azeton usw. lösliche Substanz als vom Teer stammend nur bedingt und durch eingehende chemische Prüfung (Anthrazennachweis) zu erfassen. Zur Erkennung neben Asphalt- und Erdölprodukten kann die Sulfurierung nach *Marcusson* dienen. Es wird eine zerkleinerte Probe mit konzentrierter Schwefelsäure im Wasserbade erhitzt. Das Magma wird in siedendes Wasser eingegossen und geht bei Vorliegen von Teerpech quantitativ in Lösung bis auf den vorhandenen Koks.

### c) Paraffin, Ceresin und Vaseline

Für die Stoffe Paraffin und Ceresin, von denen der letztere besonders in der Kabelindustrie viel gebraucht wird, ist zu fordern, daß sie säurefrei sind und einen festgelegten Erstarrungspunkt, der nach der Methode *Shukoff* zu bestimmen ist, haben. Das gleiche gilt für die Vaselinepräparate. (Die Vaseline wird vielfach auch als *Petrolatum* bezeichnet.) Eine gewisse Ölfreiheit ist für die beiden erstgenannten Stoffe zu verlangen. Sie ergibt sich aus dem Erstarrungspunkt und daraus, daß eine Probe auf einen Tonteller bei 15° aufgestrichen, keine öligen Bestandteile an den Ton abgibt. In Butanon oder Alkohol durch Kochen aufgelöstes Paraffin usw. muß sich quantitativ aus dem Lösungsmittel in der Kälte (— 5°)

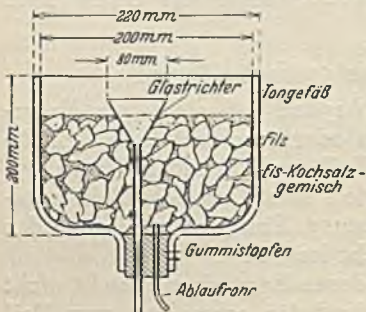


Abb. 19. Kältetrichter

wieder abscheiden. Die ausgeschiedenen festen Stoffe werden in einem Kältetrichter (Abb. 19) gesammelt und wieder gelöst. Die Lösung wird in einer gewogenen Schale eingedampft, zur Konstanz getrocknet und gewogen. Die Differenz gegen die Einwaage sind meist die Ölanteile des Paraffins oder Ceresins.

### d) Holzteer (Pine tar)

Die vielfach zur Erweichung und als Alterungsschutz verwendeten Holzteere sollen frei von Koks sein und eine Viskosität haben, die der eines guten Heißdampfzylinderöles entspricht (nicht unter 3° Engler bei 100° C). Sie sollen weiter bei 163° nur minimale Verdampfungsverluste haben (möglichst unter 1%), braunstichig gefärbt und ganz blank sein und einen reinen Kienteergeruch haben.

### e) Organische Farbstoffe

In Frage kommen die Lack- und eine Reihe von Spezialfarbstoffen, die wasserunlöslich, aber vielfach in fettem Öl und einige auch in Kohlenwasserstoffen löslich sind. Die letztere Eigenschaft ist sehr wenig erwünscht, und es werden solche Farbstoffe trotz besonders guter Nuancie-

rung vielfach berechtigt abgewiesen. Die verwendbaren Farbstoffe müssen bei den Einwirkungen von Schwefelchlorür und Schwefel unter den anzuwendenden Vulkanisationsbedingungen im Farbton unverändert bleiben und dürfen bei der Verwendung der fertigen Waren nicht ausbluten oder licht- bzw. luftempfindlich sein. Weiter sollen sie keine kupfer-, mangan- oder wasser- und kohlenwasserstofflösliche Eisen-Verbindungen enthalten. Das letztere ist vielfach bei Stempel- und Aufdruckfarben der Fall und kann sehr schädlich werden.

Die Untersuchung der Farben erstreckt sich auf den Aschengehalt und deren Zusammensetzung qualitativ, Verhalten gegen Wasser, Anreiben mit Öl und Erwärmen mit Schwefel usw., während ihre Identifizierung und Reinheitsprüfung in das Gebiet der Farbenchemie fällt. Zuverlässige Methoden sind die spektralanalytischen.<sup>38</sup> Es mag hier noch auf das Gebiet »Anorganische und organische Farbstoffe«, das im *Berlin-Lunge*<sup>39</sup> eingehend behandelt ist, verwiesen werden.

Die Deckkraft der organischen und anorganischen (vgl. oben) Farbstoffe erkennt man am besten durch Anreiben derselben mit Öl auf einer reinen und trockenen Glasscheibe oder einem Porzellanscherben, am besten auf Zinkoxyd-Unterlage. Die erzielten Mischungen müssen voll gefärbt und durchscheinend bis deckend sein. Ein Zusatz von  $S_2Cl_2$  oder eine Erwärmung mit Schwefel darf Verfestigung, aber keine Verfärbung verursachen. Vorsorglich mag darauf hingewiesen werden, daß von der Gummi-Industrie neben den allgemeinen Identifizierungs- und Reinheitsanforderungen keine besonderen Anforderungen gestellt werden. Die allgemeinen Reinheitsforderungen sollte man aber stets nachprüfen und die Sonderbedürfnisse immer im Rahmen der Berechtigungen aufrecht erhalten. Daß die Farbstoffe gleichmäßige Mahlung und Trockenheit besitzen, ist ebenso selbstverständlich wie die Forderung, daß sie allen Vorschriften auf Abwesenheit von Arsen, Blei usw. entsprechen.

### f) Regenerierter Kautschuk

Der wieder plastisch gemachte Altgummi, das Regenerat, wird aus fabrikatorischen Gründen noch ziemlich viel verwendet. Wo ein solches Präparat zur Verwendung kommt, ist es naturgemäß nötig, es genau zu prüfen, da seine äußeren Eigenschaften ein durchaus trügerisches Bild geben.

Festgestellt werden muß in erster Linie der Aschengehalt (Seite 4), besser der wirkliche Gehalt an Mineralbestandteilen (Seite 4) und deren Zusammensetzung, sowie die Menge und Art der in Azeton löslichen Anteile. Auch Faktis geht durch einige Regenerationsvorgänge zum Teil in eine in Azeton lösliche Form über. Freier Schwefel sollte im Regenerat nicht, oder doch nicht in erheblicher Menge vorhanden sein, oder aber sein Gehalt muß genau angegeben werden, um ihn in Rechnung ziehen zu

<sup>38</sup> Siehe Spezialwerke von Formanek, »Spektralanalytische Untersuchung der Farbstoffe«, und von Eder und Valenta, Wien, »Beiträge zur Photochemie, Spektralanalyse usw.«

<sup>39</sup> 8. Aufl. Bd. V S. 682, 852



können. Ein nur durch Zusatz von viel Mineralöl, von Paraffin-Kohlenwasserstoffen, Harzöl oder anderen gleichartig wirkenden Stoffen wieder plastisch gemachter Altgummi ist schon durch diese Zusätze im gewissen Sinne minderwertig und wird es noch mehr dadurch, daß in solchen Waren stets auf den wirklichen Kautschukgehalt viel Asche kommt. Das spezifische Gewicht kann einen Anhalt, aber keine endgültige Wertbestimmung geben, wegen der Zusätze, die das Bild sehr entstellen können. Die Art der Regeneration ist in vielen Fällen noch erkenntlich, und zwar besonders, wenn Alkali (Alkalirückhalt ist wegen der Alterungs- und Vulkanisationseinwirkung zu beachten) oder Säurebehandlungen oder eine solche mit Lösungsmitteln angewendet worden ist. Zur genaueren Charakterisierung der Regenerate ist meist eine vollständige Untersuchung, wie bei Kautschukwaren, erforderlich. Vereinzelt wird es sich empfehlen, in schwierigen Fällen die alte Nitrositmethode zur annähernden Bestimmung des Kautschuk- und Schwefelgehaltes anzuwenden. (Diese Methode ist von A l e x a n d e r <sup>39a</sup> und von H a r r i e s mehrfach bearbeitet; im B e r l - L u n g e, Aufl. 6, Band 3, ist sie S. 863 noch beschrieben.) Bei dem in Azeton löslichen Anteil der Regenerate ist oft zersetzte (depolymerisierte) Kautschuksubstanz vorhanden, die häufig bei der Analyse sich scheinbar ähnlich verhält wie zugesetzte Paraffin-Kohlenwasserstoffe. Sie ist aber im Gegensatz zu diesen auch in kochendem Alkohol meist nicht löslich. Eine Rußbestimmung ist häufig erforderlich und daher in den Richtlinien besonders festgelegt.

#### Bestimmung des freien Kohlenstoffs im Regenerat usw.<sup>40</sup>

Eine Probe von 0,5 g wird 8 Stunden mit einer Mischung von 1 Raumteil Azeton mit 2 Raumteilen Chloroform extrahiert. Man bringt die Probe in ein 250-ccm-Becherglas und erhitzt auf dem Dampfbade, bis sie nicht mehr nach Chloroform riecht. Die abgekühlte Probe wird mit einiden Kubikzentimetern kalter Salpetersäure versetzt und kurze Zeit stehengelassen. Sodann fügt man 50 ccm heißer konzentrierter Salpetersäure zu und erhitzt auf dem Dampfbade, bis keine Gasentwicklung mehr stattfindet, jedoch mindestens 1 Stunde. Die heiße Flüssigkeit wird durch einen Goochtiiegel filtriert, wobei darauf zu achten ist, daß der Rückstand möglichst im Becherglas verbleibt. Der Goochtiiegel wird mit heißer konzentrierter Salpetersäure ausgewaschen. Nach Entleeren der Filtrierflasche wird mit Azeton und einer Mischung aus gleichen Raumteilen Azeton und Chloroform nachgewaschen, bis das Filtrat farblos ist. Das im Becherglase befindliche Material wird 30 Minuten auf dem Dampfbade mit 30 bis 40 ccm 35proz. Natronlauge ausgezogen. Die Alkalibehandlung kann unterbleiben, wenn keine Silikate vorhanden sind. Man verdünnt mit 60 ccm heißem destilliertem Wasser und filtriert durch den Goochtiiegel, wäscht gut mit heißer 15proz. Natronlauge aus und prüft

<sup>39a</sup> Z. f. angew. Chem. 20 (1907) S. 1535 und 2213

<sup>40</sup> Richtlinien N. XIV (1925) S. 13. Die etwas umständliche Arbeitsweise wird für Regenerate und auch für die gleiche Bestimmung in Kautschukwaren verwendet

auf die Anwesenheit von Blei, indem man etwas warme Ammonazetat-lösung, die einen Überschuß von Ammoniak enthält, durch den Gooch-tiegel in eine Lösung von Natriumchromat fließen läßt. Entsteht ein gelber Niederschlag, so muß der Rückstand so lange mit Ammonazetat gewaschen werden, bis sich die Natriumchromatlösung nicht mehr trübt. Dann wird der Rückstand einige Male mit heißer konzentrierter Salz-säure und endlich mit warmer 5proz. HCl ausgewaschen. Der Tiegel wird vom Trichter entfernt und  $1\frac{1}{2}$  Stunden bei  $110^\circ$  getrocknet, abgekühlt und gewogen. Nach Verbrennen der Kohle bei dunkler Rotglut wird zu-rückgewogen. Die Gewichts-differenz stellt annähernd 105% der ur-sprünglich anwesenden Menge Kohle in Form von Lampen- oder Gas-schwarz dar.

$\frac{\text{Gewichtsabnahme des Tiegels}}{1,05 \cdot \text{Gewicht der Probe}} \cdot 100 = \text{Prozent freier Kohlenstoff (Ruß)}$ .

Enthält das Material Graphit, so wird eine Probe (0,5 bis 1 g) mit  $\frac{1}{2}$  n-alkoholischer Kalilauge 4 Stunden ausgekocht. Nach dem Abfiltrieren bringt man das Filter mit Rückstand in eine kleine Porzellanschale und raucht viermal mit Salpetersäure (spezifisches Gewicht 1,52) ab. Der trockene Rückstand wird mit der etwa zehnfachen Menge Bleioxyd ge-mischt und in einen hessischen Tontiegel übergeführt, mit Bleioxyd über-schichtet und im bedeckten Tiegel so lange auf dem Gebläse erhitzt, bis keine Gasentwicklung mehr stattfindet. Nach dem Erkalten wird der Tiegel zerschlagen und der auf dem Boden befindliche Bleiregulus ge-wogen.

$\frac{\text{Gewicht des Bleiregulus}}{34,5 \cdot \text{Gewicht der Probe}} \cdot 100 = \text{Prozent freier Kohlenstoff (Graphit [und Ruß])}$ .

## 7. Vulkanisationsmittel

Zu den Aufbaustoffen gehören die Vulkanisationsmittel. Diese kon-stituieren den chemischen Aufbau aller Gummiwaren. Sie bewirken grundsätzlich das mechanische Verhalten und den Hauptteil der Lebens-fähigkeit aller aus Rohkautschuk hergestellten Gebrauchsgegenstände.

Die Gruppe der Vulkanisationsmittel ist dadurch begrenzt, daß alles, was heute als Kautschukware auf den Markt kommt, durch Schwefel verfestigt ist (siehe Kapitel Vulkanisation). Für das Laboratorium kommen in Frage: Die Prüfungen von Schwefel, Schwefelchlorür, Selen, Selenoxyde, die wäßrigen Verbindungen, aus denen Schwefel abgespalten wird wie Schwefelammon und andere Sulfide der Alkalien und Erden sowie der Metalle, schweflige Säure, Schwefelwasserstoff und schwefel-abspaltende Beschleuniger. Es muß aber auch der Vollständigkeit halber darauf hingewiesen werden, daß, wie schon Axelrod vor fast 30 Jah-ren angab, Sauerstoff an das Kautschukmolekül in solcher Form addiert werden kann, daß sich Produkte bilden, die den Schwefel-Additionspro-dukten in einem gewissen Maße mechanisch gleichartig sind. Ostro-myslenskij hat diese Beobachtungen weitergeführt und gefunden, daß



manche Nitroprodukte, Peroxyde, Persäuren, besonders z. B. das Benzolperoxyd, Wirkungen ausüben, die denen der Schwefelvulkanisation gleichartig sind.<sup>41</sup>

### a) Schwefel

Der wichtigste der Rohstoffe für den Aufbau von Kautschukwaren aus Rohkautschuk ist der Schwefel. Es ist nötig, diesen Stoff auf Reinheit zu prüfen. Als wichtigste Anforderungen sind ganz allgemein zu stellen: Die weitestgehende Freiheit von Feuchtigkeit, von Säure, die absolute Freiheit von Arsen usw.

**Bestimmung der Asche.** Sie wird ausgeführt durch die Verbrennung von rund 10 g Schwefel in der Aschenschale aus Porzellan, Quarz oder Platin. Es ist bei dieser Bestimmung darauf Rücksicht zu nehmen, daß einige nicht genügend reine Schwefelsorten etwas kohlige Substanz enthalten, die man beim Abbrennen erkennt. Man verbrennt sie erst nach dem Abbrennen des Schwefels und kann sie so auch gravimetrisch erfassen. Auf die mehr oder weniger aktiven Formen des Schwefels ist hier nicht einzugehen.

**Feuchtigkeitsbestimmung.** Eine Durchschnittsprobe von mindestens 100 g wird in der flachen Trockenschale bei möglichst nicht über 70° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Trocknung kann auch im Vakuumexsikkator durchgeführt werden, falls die Schicht nicht zu dicht und zu dick ist.

**Bituminöse Stoffe** kennzeichnen sich meist im Schwefel schon durch die unreine Farbe. Fresenius und Beck empfehlen das Abddestillieren des Schwefels durch Verdampfen bei 200°. Die zurückbleibende bituminöse Substanz wird dann verascht.

Zur **Arsenbestimmung** wird nach Hager und Kramer<sup>42</sup> so gearbeitet, daß 1 g Schwefel mit 15 Tropfen Ammoniak und 2 ccm Wasser durchgeschüttelt, nach 1/2 Stunde auf ein Filter gebracht und das Filtrat in einem Reagenzglas mit 30 Tropfen Salzsäure und 15 Tropfen Oxalsäurelösung versetzt wird. Alsdann stellt man einen Streifen blankes Messingblech hinein und erhitzt auf 60 bis 100°, worauf bei Gegenwart von Arsen sofort ein eisenfarbiger bis schwarzer Überzug auf dem Blech entsteht. Eine besonders empfehlenswerte Methode ist die Gutzeit'sche, die von Brand<sup>43</sup> wie folgt modifiziert ist: Man digeriert 5 g feingepulverten Schwefels mit 25 ccm verdünntem Ammoniak (1 : 3) eine Viertelstunde, filtriert, wäscht mit wenig Wasser nach, verdampft zur Trockne, übergießt den Rückstand mit einigen Tropfen Salpetersäure, trocknet in einer Porzellanschale ein, löst in 8 bis 10 ccm verdünnter Schwefelsäure, gießt in ein größeres Reagenzglas, in dem sich einige Stückchen reines Zinn befinden, bringt in den oberen Teil des Röhrchens einen losen Pfropfen von Baumwolle und legt auf die Öffnung des Röhrchens ein Stück Filtrierpapier, das mit einem Tropfen einer sehr konzentrierten Silbernitratlösung (1 : 1) befeuchtet ist. Die befeuchtete Stelle

<sup>41</sup> Vgl. van Rossem, Kautschuk (1931) S. 202 ff.

<sup>42</sup> Pharmazeut. Zbl. (1884) S. 265 u. 443

<sup>43</sup> Z. ges. Brauwesen 31 (1908) S. 33

färbt sich, je nach der Menge des vorhandenen Arsens, mehr oder minder rasch zitronengelb und wird auf Zusatz von Wasser schwarz.

**Bestimmung von Selen** wird im allgemeinen nicht durchgeführt. Dagegen ist es gut, auf den Gehalt an Eisen in der Asche zu prüfen und eine quantitative Gehaltsbestimmung des Schwefels im Arbeitsprodukt auszuführen. Dies geschieht vielfach noch durch Lösen von 50 g des Rohschwefels in 200 g Schwefelkohlenstoff in verschlossener Flasche und Bestimmung des spezifischen Gewichtes der erhaltenen Lösung vermittels folgender Formel:

$$S = s + 0,0014 \times (t - 15^\circ).$$

Dabei ist  $S$  = Schwefel,  $s$  = spezifisches Gewicht der Lösung. Eine bessere quantitative Bestimmung wird ausgeführt durch Oxydation des Schwefels zu Schwefelsäure, 0,1 bis 0,2 g der zu untersuchenden Substanz werden mit 10 ccm rauchender Salpetersäure unter Zusatz von 0,5 bis 1 g Kaliumbromid oder zwei Tropfen Perchlorsäure vorsichtig erwärmt. Nach einigen Minuten der Oxydation wird zur Trockene verdampft, der Rückstand mit Salzsäure abgeraucht, mit Wasser aufgenommen und mit Bariumchlorid gefällt.

**Bestimmung des Feinheitsgrades nach Chancel:** Die Prüfung des Feinheitsgrades vom Schwefel hat eine große Bedeutung; sie ist deswegen eingehend genormt. Diese Feinheitsprüfung läßt sich sehr gut auch auf die Stoffe, die als Füllmittel und Arbeitsstoffe in der Industrie gebraucht werden, anwenden. Für Schwefel ist das Verfahren nach Chancel genormt von der Landwirtschaftlichen Versuchsstation. Nach dem Bericht der Versuchsstation 67, 24. Hauptversammlung, Dresden, 1907, sind folgende Bestimmungen anzuwenden:

1. Die Ausführung der Chancel'schen Bestimmung des Feinheitsgrades ist genau nach folgender Vorschrift auszuführen: Das zu untersuchende Schwefelpulver wird durch ein Sieb von 1 qmm Maschenweite durchgetrieben, um die Klümpchen, die der Schwefel stets bei längerem Lagern bildet, zu verteilen. Von der nach dem Durchsieben gut gemischten Probe werden 5 g abgewogen. Der Schwefel wird zweckmäßig mit Hilfe eines Kartenblattes oder Pinsels in das Sulfurimeter gebracht, dann wird das Sulfurimeter mit Äther bis ungefähr zur Hälfte angefüllt und durch gelindes Klopfen die Luft aus dem Schwefelpulver entfernt. Ist dies erreicht, so füllt man den Apparat bis etwa 1 cm über dem Teilstrich 100 mit Äther an und schüttelt etwa 1 Minute sehr stark durch, um eine gleichmäßige Verteilung des Schwefels zu erreichen. Eine Ablesung erfolgt zunächst noch nicht. Nunmehr wird neuerdings genau 30 Sekunden in senkrechter Richtung kräftig durchgeschüttelt, das Instrument dann mittels eines Stativs genau senkrecht eingespannt und in ein mit Wasser von  $17,5^\circ \text{C}$ <sup>43a</sup> gefülltes Becherglas so eingesenkt, daß weder die Wände noch der Boden oder das eingesenkte Thermometer berührt wer-

<sup>43a</sup> Ist die Innehaltung der Temperatur nicht möglich, so muß die Temperatur, bei der gearbeitet wurde, angegeben werden.  $2^\circ \text{C}$  über der Normaltemperatur erhöhen die Angaben des Sulfurimeters beiläufig um einen Feinheitsgrad.



den. Der Schwefel setzt sich ziemlich rasch zu Boden; wenn sich die Höhe der Schwefelschicht nicht mehr ändert und der darüberstehende Äther völlig klar erscheint, wird der Stand des Schwefels an der Skala abgelesen (halbe Teilstriche werden geschätzt). Der so abgelesene Skalenteil gibt direkt die Grade Chancel an.

Das Resultat der ersten Schüttelung ist meist zu hoch, die Schüttelung wird daher in der gleichen Weise jedesmal 30 Sekunden lang und noch viermal wiederholt. Das Mittel aus den vier letzten Ablesungen wird als dem Feinheitsgrade des Schwefelpulvers entsprechend angenommen.

Die ganze Operation ist nochmals mit einer neu abgewogenen Probe von genau 5 g in der beschriebenen Weise zu wiederholen und erst aus dem Resultat der doppelten Untersuchung das endgültige Mittel zu ziehen.

2. Prüfmenge: 300 g.

3. Der zur Bestimmung des Feinheitsgrades erforderliche Äther muß chemisch rein und über Natrium destilliert sein.

4. Der benutzte Apparat, Sulfurimeter von Chancel (Abb. 20), muß genau genormt sein, nach Versuchsstat. 67. 24. 1907. Bis zur Marke 100 müssen — unterer Meniskus gemessen — bei 17,5° C 25 ccm Inhalt sein. Die Länge des Rohres bis zum Teilstrich 100 muß 175 mm, bei einem Durchmesser des geraden Rohres von 12,5 mm, betragen.

### b) Schwefelchlorür

Noch immer wird in sehr beachtlichen Mengen zur sogenannten Kaltvulkanisation Schwefelchlorür angewendet, das auch zur Herstellung von weißem Faktis dient. Es wird entweder in Lösung mit Benzin/Benzol, Schwefelkohlenstoff oder Halogen-Kohlenwasserstoffen kalt zur Anwendung gebracht oder zur sogenannten Dampf-Vulkanisation gleichfalls im allgemeinen mit einem Lösungsmittel vermischt oder rein gebraucht. Diese Substanz, die an der Luft außerordentlich lebhaft reaktionslustig ist, muß möglichst rein sein, keinen Überschuß an Chlor und keinen freien Schwefel enthalten. Untersucht wird das Produkt entweder nach dem alten, von Weber angegebenen Verfahren, oder nach der einfacheren Siedeanalyse nach Frank - Markwald.

Methode Weber:

»Eine kleine, gut schließende Flasche mit Schwefelchlorür wird gewogen, dann 20 bis 30 g daraus in einen etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllten Literkolben abgegossen und der Rest zurückgewogen. Der Kolben wird nun mit aufgesetztem Stopfen so lange geschüttelt, bis keine öligen Tropfen mehr sichtbar sind, dann kurze Zeit auf dem siedenden Wasserbade erhitzt, nunmehr für jedes Gramm zersetztes Chlorür 1 ccm Salpetersäure (spezifisches Gewicht 1,42) hinzugefügt, tüchtig geschüttelt und erkalten gelassen. Hierauf füllt man zur Marke auf, filtriert durch ein trockenes Faltenfilter und bestimmt in einem aliquoten Teil das Chlor und vielfach auch die gebildete Schwefelsäure gewichts- oder maßanalytisch. Aus dem Chlorgehalt eventuell unter Zuhilfenahme des Schwefels

wird der Gehalt an  $S_2Cl_2$  berechnet, ebenso ein etwaiger Überschuß an Schwefel oder Chlor (als  $SCl_2$ , freier S).«

Schneller und einfacher ist die Bestimmung des Siedeverhaltens. Da aber das Schwefelchlorür sich an der Luft unter Entwicklung von Salzsäure- und Schwefelsäuredämpfen zersetzt und deswegen die normale Destillation nicht zuläßt, ist nach Frank-Marcwald ein besonderer Apparat für die Untersuchung dieses Stoffes angegeben (Abb. 21).<sup>44</sup> Die Apparatur, die, wie die Zeichnung ergibt, genau genormt ist, und bei der der Kolben am besten gleichfalls aus Durex-Glas hergestellt ist, wird in folgender Weise angewendet:

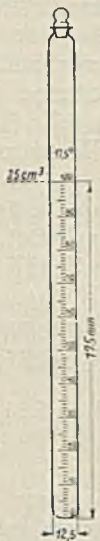


Abb. 20. Sulfurimeter von Chancel

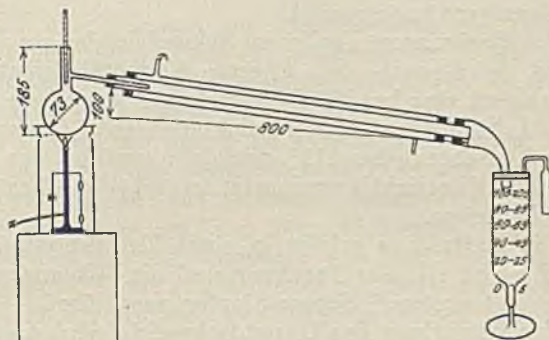


Abb. 21. Apparat zur Bestimmung der Siedekurve von Schwefelchlorür nach Frank und Marcwald

Eine besondere Pipette mit Gummiball, die eine Marke bei 105 ccm trägt, wird mit dem zu untersuchenden Schwefelchlorür bis zur Marke vollgesaugt. Die Füllung wird in den Kolben eingefüllt und folgendes Siedeverhalten verlangt: Es sollen innerhalb  $4^\circ$  95 ccm Destillat aus den 105 ccm Füllung sich ergeben, nachdem vorher nicht mehr als 5 ccm Vorlauf und Zersetzungsprodukte übergegangen sein dürfen. Der normale Siedepunkt des reinen Schwefelchlorürs liegt bei  $138^\circ$ .

### c) Weitere Vulkanisationsmittel

Von anderen Stoffen, in denen Schwefel in einer freien oder labilen Form und demnach reaktionsfähig enthalten ist, werden genannt: Goldschwefel, wasserlösliche Sulfide und Polysulfide, schweflige Säure und Schwefelwasserstoff und das dem Schwefel in seiner Wirkung zum Teil äquivalente Selen und Selenoxyd. Von diesen Stoffen mag näher besprochen sein:

Der Goldschwefel, weil er eine genaue Untersuchung verlangt und zugleich ein besonders viel gebrauchter Farbstoff ist,

<sup>44</sup> Gummi-Ztg. 28 (1914) S. 1580



Wegen der anderen genannten Stoffe sei auf allgemein analytische Werke verwiesen.

**Goldschwefel-Antimonpentasulfid.** Das technische Schwefelantimon (Goldschwefel) enthält stets freien Schwefel. Selbst der sogenannte technisch reine Goldschwefel enthält etwa 8% davon, da seine Bildung im Lauf der Herstellung nicht zu vermeiden ist. Der Gewohnheit entsprechend wird eine Reihe von Sorten Goldschwefel, die sich durch die Menge des in ihnen enthaltenen freien Schwefels (8, 15, 20, 25 und mehr Prozent) und durch die Farbtonung unterscheiden, hergestellt. Der Schwefelgehalt wird angegeben. Das Verhältnis des an Antimon gebundenen Schwefels zum Metall wechselt in der Handelsware sehr. Vereinzelt werden auch chemisch reine Goldschwefelmarken für Waren mit Beschleunigern angewendet.

Zur Bestimmung des freien Schwefels, der als der wirksame angesehen wird, wird nach der älteren Konventionsmethode gearbeitet. Man extrahiert eine bei 50° C getrocknete, gewogene Probe im Soxhletapparat 3 Stunden mit Schwefelkohlenstoff, trocknet den Rückstand im Trockenschrank bei 110°, nachdem zunächst der Schwefelkohlenstoff an der Luft (Vorsicht!) verdunstet ist, wägt und bestimmt den Schwefel aus der Differenz.

Die Extraktion erfolgt in einer Extraktionshülse (S. Schleicher und Schüll). Das Trocknen und die Wägungen werden in Wägeröhrchen mit eingeschlifftem Stopfen ausgeführt.

Zur Ermittlung des Gesamtschwefels wird die Probe in einem Schälchen oder Philipps-Becher mit konzentrierter Salpetersäure oder im Langhalskolben mit Salpetersäure unter Zusatz von einigen Tropfen Perchlorsäure<sup>45</sup> (Vorsicht) unter langsamem Erwärmen oxydiert und die Säure verdampft. Im ersten Fall wird der Rückstand nochmals mit rauchender Salpetersäure vorsichtig erhitzt und wiederum zur Trockne eingedampft. In beiden Fällen wird dann mit heißem Wasser ausgezogen und die Schwefelsäure in normaler Weise mit Bariumchlorid gefällt.

Für Waren, die in der Nahrungsmittelbranche Verwendung finden sollen, ist auch eine Prüfung des Goldschwefels auf Arsen erforderlich. (Vergleiche auch bei Schwefel, Seite 38). Zur Ausführung derselben werden etwa 0,5 g mit 5 ccm einer wäßrigen gesättigten Lösung von Ammonkarbonat zwei Minuten hindurch bei 50 bis 60° ausgezogen. Das angesäuerte Filtrat darf nach sechsständigem Stehen keine gelbflockigen Ausscheidungen zeigen.

Zur Bestimmung des wirklich wirksamen Schwefels, das ist der lösliche und der außerdem bei der Vulkanisation zur Wirkung kommende, nicht vollkommen gebundene Schwefel, wird das Material in einen Goochtiegel eingewogen, wiederholt bei Zimmerwärme bis zur Gewichtskonstanz mit Schwefelkohlenstoff ausgewaschen und dann getrocknet. Die Gewichtsabnahme ergibt den löslichen (freien) Schwefel. Der Rückstand wird dann im Trockenschrank 20 Minuten hindurch auf 150° C erwärmt und danach wieder bis zur Gewichtskonstanz mit Schwefelkohlen-

<sup>45</sup> Unveröffentlichte Arbeit aus dem Laboratorium Fr. Frank

stoff ausgezogen. Die Differenz zwischen beiden Bestimmungen ist der — außer dem direkt löslich (frei) vorhandenen — noch wirksame, nur scheinbar gebundene Schwefel. Derselbe wirkt in Kautschukmischungen zusammen mit dem freien Schwefel vulkanisierend. Diese Arbeitsweise ist die jetzt allgemein angewendete.

Die Bestimmung des Antimons erfolgt als Antimontetroxyd zusammen mit den Mineralbestandteilen, indem das zuvor extrahierte Produkt mit rauchender Salpetersäure in bekannter Weise oxydiert, eingedampft und getrocknet wird. Der zur Wägung gebrachte Rückstand enthält das Tetroxyd und die Mineralbestandteile.

Zur Trennung von den Fremdstoffen und zu deren Erkennung verfährt man wie folgt:

Das Antimon wird nach dem Mischen und Überschichten mit Chlorammonium als Chlorid verflüchtigt und aus der Differenz der Wägungen bestimmt. Der Glührückstand sind die Verunreinigungen. Falls ein Teil des Kalziums als Antimoniat oder Sulfantimoniat vorhanden ist, ergibt sich hierbei ein geringer Fehler, der durch die exakte Bestimmung der Mineralbestandteile korrigiert werden kann. Diese Bestimmung wird so vorgenommen, daß man die Substanz mit Salzsäure eindampft und dann mit einigen Tropfen Salpetersäure oxydiert. Der Rückstand wird mit Salzsäure und etwas Weinsäure aufgenommen, von der unlöslichen Kieselsäure abfiltriert und im Filtrat das Antimon mit Schwefelwasserstoff gefällt. Man kann nun das Antimon zur Wägung bringen und bestimmt das Kalzium und etwa weiter vorhandene Mineralbestandteile in bekannter Weise.

#### d) Selen und Selenoxyd

Die Untersuchung der Selenpräparate geschieht durch Gehaltsbestimmung an Selen. Zu diesem Zweck wird das betreffende Präparat oxydiert zu Selensäure, die dann zu Se durch schweflige Säure reduziert wird, die in die heiße, stark salzsaure Lösung eingeleitet wird. Das Se wird im Filtertiegel gesammelt, gewaschen, bei 120° getrocknet und gewogen als Se.<sup>46</sup>

Verwendet wird es als eutektisches Gemisch mit Schwefel, als Selenchlorür und Oxyd, meist aber nicht allein als Vulkanisationsmittel, sondern mehr als Beschleuniger in dem genannten Schwefelgemisch.

### D. Hilfsstoffe

Hilfsstoffe sind eine Reihe von Stoffen, die

1. am Aufbau der Kautschukwaren nur so teilnehmen, daß sie die chemischen und physikalischen Eigenschaften, und zum Teil grundlegend die Arbeitsweisen beeinflussen.
2. nur als Zusatzstoffe bei der Herstellung von Kautschukwaren als Hilfsstoffe dienen und durch ihre Anwesenheit die Verarbeitung für besondere Zwecke ermöglichen. Sie beeinflussen zum Teil die Eigen-

<sup>46</sup> Vgl. Rud, J. Amer. chem. Soc. (1927) S. 2330 und weiter unten S. 67



schaften der Endprodukte oder dienen nur als Behelfe im Arbeitsprozeß.

Die wichtigsten dieser Hilfsstoffe sind:

- a) die Beschleuniger und
- b) die Alterungsschutzmittel, die vielfach auch Erweichungs- und Homogenisierungsmittel sind und mit diesen zusammen behandelt werden müssen. Danach wären
- c) die Lösemittel,
- d) die Lacke und fetten Öle und
- e) die Gewebe (Textilstoffe)

zu besprechen.

#### a) Die Beschleuniger

In der ersten Entwicklung der Kautschukwarenindustrie waren für die Verbesserung der Vulkanisationszeiten und die Vermeidung des Überschusses an Schwefel oxydische Verbindungen, z. B. des Bleis, Kalziums, Magnesiums, Zinks usw., in Gebrauch. Die Anwendung des einen oder anderen Stoffes geschah ziemlich systemlos und rein empirisch. Etwas war durch die Vergleichsarbeiten, wie sie z. B. von Pahl ausgeführt waren, die Arbeitsbasis entwickelt. Die Erfahrungen sind aber nicht auswertbar geworden, und ebensowenig brachte eine Beobachtung C. O. Webers über eine Beeinflussung der Vulkanisation durch Fettsäuren und deren Salze die Technik voran.<sup>47</sup> Nach diesen lange nicht beachteten Arbeiten wurde etwa 1906 als strenges Fabrikgeheimnis in der Diamond Tire and Rubber Co. die Bedeutung organisch-basischer Stoffe als Mittel zur Abkürzung und Sicherung der Vulkanisation von Oenslager und David Spence erkannt und verwendet. In die volle Öffentlichkeit kam die Erkenntnis der basischen Beschleuniger zunächst 1913, als die Chemische Fabrik vorm. Friedr. Bayer ihr E. P. 265 221, das bereits 1912 angemeldet war, erhielt. Dieses gab die Möglichkeit, synthetische Kautschuk-Kohlenwasserstoffe gewissermaßen zu vulkanisieren.

Diese Bestrebungen, den synthetischen Kautschuk vulkanisationsfähig zu machen, brachten die Industrie und die Erfinderin, die jetzt zum I. G. Farbenkonzern gehört, dahin, organische Reaktionsbeschleuniger kennenzulernen, die die Wirkung der Schwefelung regulierbar machten. Diese Beobachtungen wurden auf Naturkautschuk übertragen und wurden fast unbemerkt in die allgemeine Kautschukverarbeitung übergeleitet. Sie bilden heute als selbstverständliche Hilfsmittel die Grundlage für die Beschleunigergestaltung und -verwendung und so für die Kautschuktechnik überhaupt. Es ist nicht sicher möglich, den Übergang der Beschleunigerverwendung in die Verarbeitungstechnik festzustellen. Wahrscheinlich ist doch nach der genannten Patenterteilung die Geheimhaltung bei der Diamond nicht mehr möglich gewesen.

<sup>47</sup> Auf eine Arbeit von Seidl, Gummi-Ztg. (1911) S. 710 und 748, mag verwiesen werden.

Diese außerordentlich wichtige technische Erkenntnis eines chemischen Vorganges, der wohl in die Gruppe der Kettenreaktionen einzugliedern sein dürfte, wurde nun ein Arbeitsfeld und interessantes Streitobjekt für die ganze internationale chemische Industrie. Es kann daher nicht Wunder nehmen, daß die Reihe der Beschleuniger, die aus den vorhandenen chemischen Verbindungen entnommen werden konnte, schon sehr groß wurde. Nachdem man eine gewisse Richtlinie für die Wirkung einzelner Gruppenanordnungen und Gruppen gefunden hatte, ist es heute fast eine Selbstverständlichkeit, daß immer neue Verbindungen gemacht werden können, die als Beschleuniger verschiedener Wirksamkeit verwendbar sind. Durch Zufälligkeit und geschulte Beobachtung finden sich dann neben den erkannten Wegen naturgemäß neue, die wieder zu neuen Gruppierungen führen, denen (aus nicht rein wissenschaftlich festlegbaren Ursachen) die gleichen Eigenschaften zukommen. Zusammengefaßt muß gesagt werden, daß von dem Beschleuniger verlangt wird, daß er es gestattet, die Schwefelmengen genau zu dosieren, ihre Bindung an den Kautschuk möglichst restlos in relativ kurzen und genau gemessenen Zeiten zu vollziehen, und daß er daneben keine nachteilige Wirkung für den besonderen Verwendungszweck, dem die so hergestellte Ware zugeführt wird, haben darf. Eine ganze Wissenschaft ist aus diesen Arbeiten entstanden; und es wäre erforderlich, ganze Serien von Verbindungen aufzuführen, die die Eigenschaft haben, auf den Vulkanisationsvorgang einzuwirken. In gewissem Sinne ist gerade durch die Erkenntnis des Einflusses der Beschleuniger auf die Arbeit in der Fabrik und deren Wirkung auf die Eigenschaften der Fabrikate erst das Verständnis für die Bedeutung chemischer Arbeiten in die Kautschukwarenindustrie hineingetragen. Es mag genügen, auf eine kleine Anzahl solcher Verbindungen hinzuweisen. Genannt seien, gleichzeitig als Gruppen-Repräsentanten:

Vulkazite — I. G. Farben (darunter die Ammoniakderivate der Aldehyde), Mercapto, Thiuram, Diphenylguanidin und Thiocarbanilid, die wohl neben Anilin die ersten Beschleuniger waren, mit denen O e n s l a g e r und S p e n c e seiner Zeit den Fabrikaten der Diamond die Weltgeltung gaben; Mercaptobenzothiazol, Diacetyldithiocarbamate, Isopropyl-Xanthate und viele andere. Die Mehrheit all dieser interessanten Verbindungen trägt Phantasienamen, die gemeinhin sachlich nichts für die Wirksamkeit besagen. Sehr gebräuchlich ist auch die Bezeichnung mit Buchstaben und Nummern geworden. Diese geben meist einen Hinweis auf die Provenienz der Stoffe.

Was die Untersuchung der einzelnen Stoffe angeht, so kann hier auf die Charakterisierung der einzelnen Produkte nicht eingegangen werden. Soweit es sich um wirkliche chemische Individuen handelt, ist von ihnen zu verlangen, daß sie sich durch Schmelzpunkte, durch ihre basischen (Amine), sauren oder Hydroxyl- usw. Gruppen identifizieren lassen. Da, wo aldolartige Ester oder sonstige Kondensationsprodukte vorliegen, wird man sie aus ihren Spaltprodukten oder aus den Charaktereigenschaften des oder der chemischen Einzelkörper erfassen können. Generell muß deswegen für die Erkenntnis dieser Stoffe und für die Reinhaltung und Zuverlässigkeit des Mischbetriebes das Handwerk der organischen



Chemie, besonders in bezug auf die analytische Gruppenaufklärung, durchaus bekannt sein. Es muß hierzu auf die besonderen Methoden- und Lehrbücher dasjenige Material verwiesen werden, das von den führenden und wirklich erst zu nehmenden chemischen Werken den einzelnen Produkten zu ihrer Kennzeichnung beigegeben wird. Es ist aber unerläßlich, daß man sich jeweils nicht nur auf die beigegebenen Charakterisierungseigenschaften verläßt, sondern man muß sie von Fall zu Fall zur Reinhaltung und Sicherung des Betriebes auch zur Prüfung der Stoffe immer wieder anwenden.

Für die Identifizierung und die Eigenschaften der Beschleuniger und der Alterungsschutzmittel (vgl. unten) muß u. a. auf die Sonderprospekte der I. G. Farbenindustrie A.-G., Frankfurt a. M., der Imperial Chemical Industrie Ltd., London, der The Rubber Service Laboratory Co., Akron, Ohio, die Monsanto Chem. Works, St. Louis, USA., der Rubber Regenerat Co., Manchester, der E. J. du Pont de Nemours Inc., Wilmington, Del., USA, Nangatuck Chem. Corp. Nangatuck, Conn. USA. und manche andere verwiesen werden. Die vorher genannten Werke sind nur einige aus der Reihe der bekannten Werke; die nicht besonders genannten führen gleiche Wertstoffe.

Wichtig ist für diese Gruppe organischer Hilfsstoffe, ebenso wie für die vorhergehenden, die Kenntnis über die mehr oder weniger große gesundheitliche Unschädlichkeit und für ihren Nachweis in Waren das vielfach sehr kennzeichnende Verhalten im ultravioletten Licht. Wo ultraviolette Quarzlampen fehlen, kann man vielfach im Tageslicht mit dem kleinen Apparat von Callo vieles erkennen. Dieses einfache kleine Gerät ist außerordentlich angenehm für den täglichen Gebrauch im Laboratorium und im Geschäftsleben.

Die technische Prüfung über die Wirkung der Beschleuniger ist bisher nur durch Phantomversuche und durch wirkliche Vergleichsversuche mit normalisierten Mischungen durchzuführen. Die relative Wirksamkeit der Beschleuniger wird numerisch nach Kratz, Flower und Cooldidge<sup>48</sup> gemessen. Diese bestimmen das Ansteigen des Vulkanisationskoeffizienten gleicher Grundmischung für sich und bei Anwendung des zu prüfenden Beschleunigers; oder sie bestimmen die Menge des Beschleunigers, die erforderlich ist, um die Wirkung eines Standardbeschleunigers zu erzielen. T w i s s und B r a z i e r<sup>49</sup> konstruieren einen Beschleunigungsfaktor. Derselbe gibt die Verkürzung der Vulkanisationszeit, die der Beschleunigerzusatz erzielt, an. Zu beiden Arbeitswegen werden von den Verfassern Mischungen aus 90 Kautschuk und 10 Schwefel vorgeschlagen. Die Zusatzmenge Beschleuniger wird variiert.

Nun ist es aber für die Mehrzahl der Beschleuniger generell erforderlich, daß sie zur Erlangung ihrer Wirksamkeit einen meist metalloxydischen Erreger erforderlich machen. Als wichtigster und sicherster Er-

<sup>48</sup> Ind. Engng. Chem. 12 (1920) S. 322

<sup>49</sup> J. Soc. chem. Ind. 39 (1920) S. 129

reger, der die beschleunigende und regelnde Reaktion zwischen Schwefel- und Kautschukmolekül als Kettenreaktion gliedert, ist das Zinkoxyd zu nennen. (Vgl. oben Seite 46.) Dieser Stoff wird daher von den genannten Verfassern — und inzwischen allgemein — in die Vergleichsmischung eingebracht. Man muß auch vom Erreger (ZnO) ein Standardverhältnis ein für allemal einhalten. Gebraucht werden Grundmischungen mit 1, 2,5, 5 Teilen ZnO auf 90 Teile Kautschuk.

Ich verwende grundsätzlich, wenn nichts anderes vorgeschrieben ist, für alle Vergleichsarbeiten der Technik eine Mischung aus 55 Teilen Kautschuk, 5 Teilen Schwefel, 40 Teilen Schwerspat und variiere die Menge des Schwefels mit Beschleuniger und Erreger, also z. B. Schwefel: 2, ZnO: 2,5, Diphenylguanidin: 0,5. Den indifferenten Zusatzstoff variiere ich, um die Wirkung anderer aktiver Stoffe, wie Ruß, Zinkoxyd, Magnesiumverbindungen, Titanoxyd, Tonerde, Farbstoffe usw. für den Einzelfall festzustellen. Die dritte Komponente, Kautschuk, wird variiert wegen der organischen Aufbau-, Alterungsschutz-, z. B. Faktis-, Asphalt- usw. Stoffe. Das Endgebilde jeder Versuchsreihe kann ein vollkommener Ersatz des Grundmischungsstoffes sein.

Für die durch viele Einzelheiten belegten Erfahrungen muß auf die einschlägige Literatur verwiesen werden, die z. B. im Luff<sup>50</sup> oder in der vorzüglichen Übersetzung und Überarbeitung von Schmelkes<sup>51</sup> zusammengestellt ist. Ebenso ist ein sehr reiches Material über die Beschleuniger und die Theorie ihrer Wirkung in anderen Werken, ganz besonders eingehend bei Memmler<sup>52</sup> zusammengestellt und bearbeitet.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß die Beschleuniger sich bei ihrer Wirkung im Vulkanisationsvorgang als wirkliche Kettenreagenzien auswirken. Sie zersetzen sich im allgemeinen weitgehend und sind nur in Spaltprodukten — wenn überhaupt — noch auffindbar. Kleine Teile der Beschleuniger entziehen sich manchmal der Zersetzung. Auch in solchen Fällen ist ein Nachweis des verwendeten Stoffes in den meisten Fällen nicht mehr möglich. Man erhält einen Anhalt für die Anwesenheit eines Beschleunigers dann in der Mehrzahl der Fälle aus dem Stickstoffgehalt des in Azeton löslichen Anteiles der untersuchten Vulkanisatprobe. In wäßrigen Auskochungen der Vulkanisate gelingt es manchmal mit Nepkes Reagens ein Amid- oder Spaltprodukt noch zu erkennen.

### b) Erweichungs- und Homogenisierungsmittel

Wachse, besonders Bienenwachse und synthetische Wachse, Kienteer, Kautschukdestillate, auch von Altkautschuk, Kautschol, Stearin und andere hochmolekulare Fettsäuren, hydrierte hochmolekulare Alkohole der Fettreihe, Sipalin, hydrierte Fette, Kondensationsprodukte auf Formaldehydbasis und viele andere Stoffe, wie Asphalte, Peche, Paraffine, Mineral- und fette Öle sind Erweichungs- und Homogenisierungsmittel. (Vgl. Mischungswesen.)

<sup>50</sup> »Die Chemie des Kautschuks«, im englischen Original, Edinburg 23

<sup>51</sup> Berlin, Verlag Springer, 1925

<sup>52</sup> Hirzel, Handb. d. Kautschuk-Wiss. (1930) S. 342—371



Eine ganze Reihe von Stoffen dieser Gruppe trägt Schutzbezeichnungen, die über das chemische Individuum nichts besagen, sich aber gut einprägen.

Einzelheiten über die allgemeinen und arteigenen Untersuchungsausführungen sind oben angegeben. Auf Farbe, Geruch, Geschmack und Gesundheitsunschädlichkeit ist in einer Reihe von Fällen Rücksicht zu nehmen. Die Gruppenreaktionen sind von beachtlicher Wichtigkeit. Das Verhalten im ultravioletten Licht ist beachtlich. Diese Erweichungsstoffe bleiben im allgemeinen wenig oder unverändert im Fertigprodukt. Lieferanten für solche Sonderprodukte sind auch die für die Beschleuniger genannten Firmen. Die Sonderprospekte solcher Werke sind heute vielfach wissenschaftliche Arbeiten von hohem Wert.

### c) Alterungsschutzmittel und Antioxydantien

Die genannten Erweichungsmittel wirken in der Hauptsache auch als Alterungsschutzmittel, indem sie besonders auch die Mikroporosität herabsetzen. Neben den Erweichern wird eine Reihe von Spezialchemikalien für die besonderen Schutzzwecke der Gummi-Industrie zugeführt. Sie basieren alle mehr oder weniger auf den wichtigen Arbeiten über die Kettenreaktionen, die durch die Arbeiten von Moureu und Dufraisse sowie von Freundlich, Christiansen, Bodenstein aufgebaut und von verschiedenen anderen Forschern weiter verfolgt sind. Alle diese Stoffe, die der Sauerstoffaufnahme in organischen Stoffen entgegenwirken, haben eine besonders große Bedeutung in der Kautschukindustrie erhalten, weil es tatsächlich gelingt, die Industrieprodukte, die aus der Kautschukverarbeitung hervorgehen, durch richtige Auswahl solcher Stoffe auf eine immer lebensfähigere Grundlage zu stellen. Das Angebot an entsprechenden Chemikalien wird täglich vermehrt. Man kann aber im Grunde feststellen, daß immer wieder Verbindungen, die in Analogie mit den Beobachtungen der genannten Forscher stehen, in den neuartigen Stoffen in irgendeiner anderen Molekülanordnung vorliegen, wobei es durchaus selbstverständlich ist, daß für die einzelnen Zwecke besonders geartete und aufgebaute Molekülgruppen besondere Wirkungen ausüben können. Es muß dabei ja auch auf die wichtige Tatsache Rücksicht genommen werden, daß bei der Mannigfaltigkeit der Verwendung der Kautschukwaren auf Geruch, Geschmack, Verhalten gegen Wärme und Licht und andere chemisch und mechanisch einwirkende Stoffe jeweils Rücksicht zu nehmen ist. Als wichtigste Repräsentanten seien folgende genannt: Aus der Reihe der basischen Stoffe das Anilin und seine direkten Homologen und Analogen, die Phenyl-naphthylamine, die auch als Schutzmittel gegen metallische Gifte sich vielfach bewähren, die Naphthylamine und die Aldolnaphthylamine usw.; von den Alkoholen die Phenole, die Holzteerkreosote, die technischen Gemische von Kresolen, die sogenannten Fresole des Braunkohlenteeres, Thymol, Naphthole usw. Die Hersteller dieser Körpergruppen sind die größeren chemischen Fabriken; meist sind es die gleichen, die die Beschleuniger herstellen, und die unter dieser Fachgruppe aufgeführt sind. Alterungsschutzstoffe und Weichmachungsmittel werden außerdem in

Deutschland von den Deutschen Hydrierwerken in Rodleben hergestellt. Wegen der Untersuchungen im einzelnen muß auf die Identitäts- und Gruppenreaktionen und besonders auf die Einzelangaben über die Reinheit usw. von seiten der Hersteller hingewiesen werden. Solche Hinweise sind auch deswegen besonders wichtig, weil die merkwürdigsten und irreführenden Schutzbezeichnungen gebräuchlich sind. Man tut gut, von den zur Verwendung kommenden Schutzmitteln, die nicht als Einzelkörper leicht erkennbar sind, Kontrollmuster zurückzustellen und deren Gruppenreaktionen, Schmelzpunkt usw. jeweils zum Vergleich heranzuziehen. Zur Festlegung der Wirkung der Schutzstoffe müssen wie bei den Beschleunigern Vergleichsmischungen und Vulkanisationen gemacht werden. Bei denselben wird in gleicher Weise wie bei den Beschleunigern gearbeitet. Die Fertigprodukte werden unter 10% Dehnung in der Biererbombe oder dem Geer-Ofen gealtert.

Einzelne der genannten Stoffe, z. B. das Phenylalphanaphthylamin, wirken auch der Schädigung der Gummiwaren, Stoffe u. dgl. durch Kupfer entgegen. Die Anwesenheit einer Reihe der hier genannten Chemikalien ist durch arteigene Fluoreszenzen im ultravioletten Licht ausgezeichnet. Es muß hervorgehoben werden, daß alle die hier wirksamen Stoffe die gleiche Wirkung allgemein auf organische Stoffe ausüben.

#### d) Lösungsmittel

Paraffin-Kohlenwasserstoffe, besonders Benzine, aromatische Kohlenwasserstoffe, besonders Benzol und seine Homologen, Halogen-Kohlenwasserstoffe, besonders Methylenchlorid, Tetrachlorkohlenstoff, Trichloräthylen, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl, Cajeputöl, Alkohol, Äther, Ester u. dgl. sind die in der Industrie mehr oder weniger verwendeten Löser.

a) **Benzin.** Als Lösungsmittel in der Gummiwarenindustrie, d. h. als Hilfsstoff, der kein Aufbaustoff ist, dienen ganz besonders eine Reihe von Benzinsorten. Mit Benzin werden die leicht siedenden Anteile aus den Erdölen bezeichnet. Es ist dringend erforderlich, daß das Benzin, das in der Industrie gebraucht wird, jeweils einer sorgfältigen Vorprüfung unterzogen wird. Es ist heute fast die Hälfte des im Handel befindlichen Benzines Krackbenzin. Dieses ist in der Gummiwarenindustrie nicht verwendbar, weil die in reicher Menge vorhandenen, für motorische Zwecke besonders wichtigen, leicht oxydablen und dadurch harzenden Stoffe sich sehr nachteilig im Fertigprodukt nach der Verflüchtigung der normalen Anteile geltend machen können. Es muß deswegen verlangt werden, daß der Maumenétest des als Lösungsmittel verwendeten Benzines nicht über 6° bis höchstens 8° liegt. Beim Schütteln des Benzines mit gleichen Raumteilen konzentrierter Schwefelsäure soll sich keine stärkere Färbung ergeben, als sie einer Lösung von 1 g Kaliumbichromat in 1 Liter 50proz. Schwefelsäure entspricht. Die Benzine sollen jeweils unbedingt auf ihr Siedeverhalten geprüft werden. Benzine, die nicht mindestens zu 95 oder 98% bis 130° destillieren, bei der Seite 26 angegebenen Methode nach Engler, sind zurückzuweisen oder nur für nebensächliche Zwecke, zum Beispiel zum Reinigen von Formen



und anderen Dingen, zu verwenden. Die Benzine sollen aber auch nicht zu große Teile enthalten, die unter 60 oder 70° sieden. Die heutigen Wiedergewinnungsmethoden, die aus wirtschaftlichen Gründen unerlässlich angewendet werden müssen, lassen es nicht zu, daß die unter 60° siedenden Stoffe in einem wirtschaftlichen Verhältnis wiedergewonnen werden können. Sie gehen meist verloren. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes ist bei den Benzinen erforderlich, weil sie normal dem Raum nach in der Industrie Verwendung finden und gerade in Lösungen ihre Bedeutung haben.

Für Lösezwecke zur Herstellung von Streichlösungen, Tauchlösungen usw. sollte im allgemeinen ein Benzin verwendet werden, dessen Siedegrenzen nicht nennenswert abweichen vom Siedebeginn 70 und Siedende, also mindestens 98% bis 130°. Diese Forderung ist erforderlich und üblich, weil bei Verwendung von zu niedrig siedenden Benzinen das Lösevermögen sich ändert und die Verluste an Lösungsmitteln wie angegeben, durch Verdunsten groß werden. Falls nicht alles Benzin bis zu 130° verdunstbar ist, können Rückstände desselben in dem Fertigprodukt bleiben. Sie wirken dann bei der Lagerung wie Regenerationsmittel, also erweichend und klebrigmachend, sie können aber auch einen unangenehmen Geruch verursachen.

β) **Die Benzole.** Die Normen für das Benzol werden jeweils durch den Benzolverband oder international festgelegt. Zur Zeit gelten für die Kennzeichnung folgende Werte, bei denen in der nachfolgenden Aufstellung außer den Siedegrenzen auch die anderen für die Handelsmarken vorgeschriebenen Wertzahlen angegeben sind:

#### 1. Gereinigtes 90er Benzol

Siedegrenzen: (in Celsiusgraden) bis 100° müssen mindestens 90% und dürfen höchstens 93% übergehen.

Farbe: Wasserhell.

Schwefelsäurereaktion: Höchstens 1,5 (vgl. oben bei Benzin).

Spezifisches Gewicht: Etwa 0,880.

Bromverbrauch: Höchstens 0,8.

#### 2. Farbenbenzol

Siedegrenzen (in Celsiusgraden): Bis 100° müssen mindestens 90% und dürfen höchstens 93% übergehen.

Farbe: Wasserhell.

Schwefelsäurereaktion: Höchstens 0,5.

Spezifisches Gewicht: Etwa 0,880.

Bromverbrauch: Höchstens 0,4.

#### 3. Reinbenzol

Siedegrenzen (in Celsiusgraden): Vom Siedebeginn müssen 90% innerhalb 0,6° und 95% innerhalb 0,8° übergehen.

Farbe: Wasserhell.

Schwefelsäurereaktion: Höchstens 0,3.

Spezifisches Gewicht: Etwa 0,882.

Bromverbrauch: Höchstens 0,5.

(Keine Gewähr für den Erstarrungspunkt. Es ist sehr zu bedauern, daß der Verband diese Reinheitsgewähr nicht mehr gibt!)

#### 4. Gereinigtes Toluol

Siedegrenzen (in Celsiusgraden): Siedebeginn nicht unter 100°, bis 120° müssen mindestens 90% übergehen.

Farbe: Wasserhell.

Schwefelsäurereaktion: Höchstens 0,5.

Spezifisches Gewicht: Etwa 0,870.

Bromverbrauch: Höchstens 0,8.

#### 5. Gereinigtes Xylol

Siedegrenzen (in Celsiusgraden): Siedebeginn nicht unter 120°, bis 145°<sup>52a</sup> müssen mindestens 90% übergehen.

Farbe: Wasserhell.

Schwefelsäurereaktion: Höchstens 3,0.

Spezifisches Gewicht: Etwa 0,860.

Sonstige Bedingungen: Lichtbeständig.

#### 6. Gereinigtes Lösungsbenzol I

Siedegrenzen (in Celsiusgraden): Siedebeginn nicht unter 120°, bis 160° müssen mindestens 90% übergehen.

Farbe: Wasserhell bis schwach gelblich.

Schwefelsäurereaktion: Höchstens 3,0.

Spezifisches Gewicht: Etwa 0,870.

Sonstige Bedingungen: Lichtbeständig, schwacher, milder Geruch.

#### 7. Gereinigtes Lösungsbenzin II

Siedegrenzen (in Celsiusgraden): Siedebeginn nicht unter 135°, bis 180° müssen mindestens 90% übergehen.

Farbe: Wasserhell bis gelblich.

Schwefelsäurereaktion: Ausscheidung braungelber harzartiger Massen gestattet.

Spezifisches Gewicht: Etwa 0,870.

Sonstige Bedingungen: Nicht ganz lichtbeständig, milder, nicht rohteer-ölicher Geruch.

Alle diese Stoffe können in der Fabrik der Kautschukwaren Verwendung finden für verschiedenartige und angepaßte Zwecke.

Für die Verwendung der Benzole in der Gummiwarenindustrie ist sehr scharf darauf zu achten, daß nur Produkte mit solchen Siedegrenzen und solchen äußeren chemischen und physikalischen Verhalten verwendet werden, die, wo es erforderlich ist, vollkommen flüchtig sind, keinen Geruch verursachen und keine nachteiligen Eigenschaften auf die Verarbeitung haben.

Weber hatte frühzeitig beobachtet, daß Erkrankungen bei der Verwendung von Benzol-Kohlenwasserstoffen in den Gummiwarenfabriken

<sup>52a</sup> Im Auslande wird ein reines und enger (130—140°) geschnittenes Xylol sehr gebraucht.



häufig waren. Er führte dies auf das Vorhandensein von geringen Mengen Pyridin, Schwefelkohlenstoff und anderen Schwefelverbindungen zurück. Da heute häufig noch auf diese alte Arbeit Bezug genommen wird, muß hier grundsätzlich gesagt sein, daß heute kein Benzol derartige Verunreinigungen mehr hat. Die Beobachtungen von Weber können sich auch nur auf Teilwirkungen bezogen haben. Es muß auf das schärfste beachtet werden, daß die Dämpfe von Benzol und seinen Homologen an sich weit stärkere Giftstoffe sind als die der Benzin-Kohlenwasserstoffe. Es muß deswegen mit größter Sorgfalt dafür gesorgt werden, daß die Atmungsluft in den Fabrikationsräumen durchaus von den Dämpfen der Benzol-Kohlenwasserstoffe freigehalten wird. Aber auch die Dämpfe der Benzin-Kohlenwasserstoffe wirken betäubend und auf die Dauer sehr toxisch.

#### e) Öllacke und andere Überzugsmittel

Das Gebiet der Verwendung von Oberflächenschönung hat in den letzten Jahren vielfach einen neuen Aufschwung genommen. Früher wurden nur Spielsachen und einzelne Lederersatzprodukte aus Kautschuk lackiert. Für derartige Lacke waren Öllacke in Gebrauch, die meist nach besonderen Fabrikgeheimnissen hergestellt wurden. Ganz besonders wertvoll waren die Lacke, die in der Gummischuhfabrikation verwendet wurden. Sie hatten gewissermaßen eine Faktisgrundlage (gekochtes Leinöl mit 10% Schwefel usw.) und vulkanisierten auf dem konfektionierten Schuh nach Tauchen desselben mit aus; sie geben der äußeren Fläche einen Hochglanz. Für Mantelstoffe und überhaupt für Stoffe, die vielfach verwendet werden, ist eine hochglänzende oder Mattbehandlung üblich. Bei derselben wird entweder die übliche Emailleschicht in Form einer dünnen Kautschuklösung auf den fertigen Gegenstand aufgetragen und im Dampf oder durch Tauchung vulkanisiert. Vielfach dienen Schellacklösungen, denen Rizinusöl und andere Erweicher, wie Palatinol, die verschiedensten organischen hochsiedenden Ester usw. als Lackierungsmittel. Auch Hochglanz gebende Harze, wie Kopal in Öl, ferner Sandarak usw., werden gebraucht. Als wenig gut verwendbar haben sich die Acetylcelluloselacke erwiesen. Für all die genannten Stoffe wird, gleich ob sie einer nachträglichen Dampf- oder Tauchvulkanisation unterzogen werden, eine außerordentlich große Flexibilität verlangt. Es müssen daher Versuchsanstriche entsprechend geprüft werden auf Widerstandsfähigkeit beim Reiben und Knittern. Auf Öllacke und deren Aufbau wird in der bekannten sehr schwierigen und unsicheren Weise durch Verseifung und Bestimmung der Konstanten in den isolierten Fettsäuren geprüft. Es muß auf Spezialwerke verwiesen werden und auf *Berl-Lunge*.<sup>53</sup> Auf Schädlinge, wie Kupfer, Mangan usw., muß geprüft werden. Wo Trockner enthaltende Firnisse verwendet werden, sollte man Kobalt oder Blei oder Borate als Sikkative verwenden.

Ein Stoff, der in der letzten Zeit wegen seiner hohen Beständigkeit gegenüber starken Säuren und Alkalien, Ölen usw. eine größere Bedeu-

<sup>53</sup> Chem.-techn. Untersuchungsmeth. 8. Aufl. Bd. 4 S. 531 ff.

tung erlangt hat, ist der chlorierte Kautschuk. Er kommt unter der Bezeichnung Tornesit, Pergut, Dartex, Schutzlack usw. auf den Markt. Er bildet so ein hartes, körniges Pulver oder eine weiße, wollige Masse, die dem Asbest äußerlich ähnlich ist. Das Produkt ist in vielen leichtflüchtigen organischen Lösungsmitteln löslich und kann in dieser Form als widerstandsfähiger Lack für vulkanisierte Gegenstände, für Stoffe und für Metalle verwendet werden.

### f) Textilstoffe

Die Textilstoffe, die zur Gummierung und als Zwischenlagen zur Verwendung kommen, sollen frei von Appretur sein (vgl. Streichwaren), auch sollen die gefärbten keinerlei Kupfer- und Manganverbindungen und möglichst keine in Wasser löslichen Eisenbeizen oder Farben enthalten. Es ist nötig, sie hierauf zu prüfen, weil beim Vorhandensein solcher Metalle aus den Farben selbst oder den in der Färberei benutzten Beizen und Gefäßen, Walzen usw. — schon wenn der Gehalt 0,005% überschreitet — die Gummierung, besonders bei längerem Lagern, bei Einwirkung von Luft, Licht, Wärme usw., Schaden nimmt. Untersuchungsmethoden vgl. Kluckow und Siebner<sup>54</sup>, Kirchhoff.<sup>55</sup> Über die Einzelheiten der Prüfung auf die genannten Metalle vgl. Seite 18.

Die Textilstoffe sind auf mechanische Festigkeit, auf Fadenlänge und -zahl und auf Fadenstärke zu prüfen. Auch die Fadenverknüpfung hat für viele Zwecke großes Interesse. Für das schußfreie Gewebe, wie es für den Reifenaufbau dient, sind die Fadenstärke, die Fadenfestigkeit und die Zusammensetzung des Gewebes von großer Bedeutung.

## Anhang

Zu den Roh- und Hilfsstoffen gehören auch:  
Guttapercha und Balata.

### 1. Guttapercha<sup>56</sup>

Ein Stoff, der in seiner chemischen Zusammensetzung dem Kautschuk gleichartig, in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften aber andersartig ist, ist die Guttapercha. Sie wird gewonnen aus dem Milchsaft einer Reihe von Pflanzen aus der Familie der Sapotaceen und ist, da sie noch nicht großzügig plantagenmäßig gewonnen wird, sehr mannigfaltig im Aussehen, in der Reinheit und in der Beschaffenheit. Neben dem Produkt aus der Milchsaftgewinnung ist auch die grüne Gutta am Markt. Sie wird durch Extraktion aus den Blättern und jungen Zweigen der Gutta liefernden Baumarten nach verschiedenen Extraktionsverfahren gewonnen und enthält Reste des Chlorophylls als Farbstoff. Hier ist schon reiche Erfahrung beim Einkauf erforderlich. Sie kann aber besonders bei diesem Rohstoff durch Laboratoriumsprüfung weitgehend ersetzt werden.

<sup>54</sup> Kautschuk 7 (1931) S. 161

<sup>55</sup> Kautschuk 7 (1931) S. 26

<sup>56</sup> Einzelheiten in der Monogr.: Obach, Die Guttapercha, Dresden, Steinkopff und Springer (1899)



Zunächst ist immer die meist reichliche und mannigfaltige Verunreinigung, die aus Holzteilen, Sand, fremden Zusätzen und meist reichlichen Resten Feuchtigkeit besteht, zu bestimmen. Die Bestimmung geschieht durch Auskochen oder bloßes Wässern in 60 bis 80° der zerschnittenen Proben mit Wasser und nachfolgender Behandlung auf den Waschwalzen (vgl. Seite 4). Das Guttaharz, das technisch aus dem sogenannten Alban und Fluavil besteht, enthält nach den Arbeiten von R o m b u r g h s <sup>57</sup> Zimtsäure-Ester von cholesterinartigen Alkoholen. Die dem Kautschuk isomere Guttasubstanz, die sich nach Entfernung der Harze ergibt, unterscheidet sich von dem ersteren dadurch kennzeichnend, daß sie bei etwa 70° knetbar erweicht und beim Abkühlen unter Beibehaltung der in der Wärme gegebenen Gestalt erstarrt, ohne spröde oder klebrig zu sein. Da für viele Zwecke die hohen Harzmengen die Verwendbarkeit der nur mechanisch gereinigten Masse stören, wird vielfach eine Entharzung durch Harzlösungsmittel, wie Alkohol oder Azeton ausgeführt. Die mehr oder weniger entharzte Gutta heißt gehärtete Gutta. Das abgeschiedene Harz wird in der Kautschuk-, aber auch in anderen Industrien verwendet.

Die weitere Untersuchung der gewaschenen und trockenen Guttapercha verlangt die Bestimmung der Harzgehalte, des Erweichungspunktes, der Asche und eventuell des elektrischen Verhaltens.

a) Die Bestimmung des Harzgehaltes. Für die Wertbestimmung der Guttapercha ist die Harzbestimmung ein noch wichtigeres Moment als für die Kautschukbewertung. Sie wird hier auch ganz allgemein ausgeführt. Eine große Anzahl von Beleganalysen sind in der wichtigen Monographie von O b a c h <sup>58</sup> niedergelegt. Die einfachste Bestimmungsmethode wäre die bei der Kautschukuntersuchung (siehe S. 7) angegebene, doch läßt sich diese bei der Guttapercha außerordentlich schwer, oft sogar gar nicht anwenden, weil die Oberflächen der feinen Streifen zusammenmelzend ein tieferes Eindringen des Azetons fast unmöglich machen, und so eine zu lange Wärmeeinwirkung bedingen, die weitgehende Zersetzungen bewirkt. F r a n k und M a r c k w a l d <sup>59</sup> haben deswegen die folgende einfache und zuverlässige Methode angegeben: 1 bis 2 g der Guttapercha oder Balata werden in Chloroform oder Benzol gelöst. Die genügend verdünnte Lösung wird von den mechanischen Verunreinigungen durch Filtration befreit. Das Filter wird gut ausgewaschen usw. Das Filtrat wird schnell aus dem stark siedenden Wasserbade abdestilliert bis auf etwa 10 bis 15 ccm und diese werden dann noch heiß in 75 ccm siedendes Azeton unter starkem Umschütteln eingetragen. Das Lösungskölbchen wird mit möglichst wenig des angewandten Lösungsmittels nachgespült. Sofort beim Eingießen scheidet sich die Guttasubstanz flockig aus. Die erhaltene Mischung wird noch 10 Minuten hindurch lebhaft am Rückflußkühler gekocht, um sicher das eventuell mitgerissene Harz wieder in Lösung zu bringen. Jetzt ballen sich die Flocken fest zusammen, und die abgekühlte Lösung kann klar

<sup>57</sup> Ber. dtsch. chem. Ges. 37 (1904) S. 3440

<sup>58</sup> Die Guttapercha, Dresden, Steinkopff und Springer (1899)

<sup>59</sup> Z. angew. Chem. 15 (1902) S. 1029

abgegossen bzw. der Kuchen quantitativ auf ein gewogenes Filterchen oder auf einen gewogenen Glaswollebausch gebracht, gewaschen, getrocknet und gewogen werden. In *Ind. Rubber Journ.* 64, S. 179 wird als Lösungsmittel Solventnaphtha und die Ausfällung mit Alokohl vorgeschlagen (wenn im Wasserbade gearbeitet wird, kann dieses Lösemittel angewendet werden. Man muß aber von vornherein die Mengen so klein nehmen wie irgend möglich, weil beim eventuellen Abdestillieren eine Depolymerisation unvermeidbar ist!).

Verfahren nach *Tromp de Haas*: Eine Lösung der Guttapercha wird im *Soxhlet*- oder *Philips*-Becher verdunstet, so daß sich nur eine dünne Haut auf dem Boden und an der Wand bildet. Diese wird dann mit Azeton wiederholt und bis zur Erschöpfung in einem auf 60° erwärmten Wasserbade ausgekocht und der Kolben mit der Gutta gewogen.

Für die rasche, annähernd genaue Bestimmung der Harze in gereinigter Guttapercha gibt *Obach* (*loc. cit.*) folgendes Verfahren an: Eine gewogene Menge Material wird mit einem bestimmten Volumen an Lösungsmitteln überschichtet und nach längerem Stehen das spezifische Gewicht der entstandenen Lösung bestimmt. Der von *Obach* angegebene Apparat besteht aus zwei mit Stopfen versehenen Glaszylindern, die durch Röhren kommunizieren. Der eine wird mit der Guttapercha, der andere mit einer gemessenen Menge Äther gefüllt. Man drückt dann diesen in den ersten Zylinder hinüber, wo er längere Zeit über der Guttapercha verweilt. Dann wird er in den zweiten Zylinder zurückgedrückt und das spezifische Gewicht direkt mit einer in diesem befindlichen Spindel, die mit Thermometer versehen ist, abgelesen. Der Apparat steht in einem Holzgehäuse mit Glasscheiben vorn und hinten, auch ist Vorsorge getroffen, daß der Äther möglichst nicht verdunsten kann. In für diesen Spezialzweck angefertigten Tabellen liest man aus dem gefundenen Gewicht der ätherischen Harzlösung sofort den Harzgehalt in Prozenten ab.

Eine von *van Romburgh* stammende Untersuchungsmethode, bei der in einer Probe die mechanischen Verunreinigungen, Harz und Gutta, bestimmt werden, ist die folgende:

1 g der zu untersuchenden rohen Guttapercha wird in einem 100-ccm-Meßkölbchen mit 80 ccm Chloroform unter zeitweiligem Umschütteln etwa 1 Stunde am Rückflußkühler im Wasserbade erwärmt. Dann läßt man erkalten und füllt bis zur Marke mit Chloroform auf. Von der Mischung wird die Lösung schnell durch einen zuvor mit Chloroform ausgezogenen Watte- und Glaswollepfropfen, der in das Rohr eines Trichters gesteckt ist, abfiltriert. Das Trichterrohr soll etwa 20 cm lang sein und einen lichten Durchmesser von 3 mm haben. Die ersten 50 ccm des Filtrates bringt man in einen gewogenen, weithalsigen Erlenmeyerkolben, dessen Inhalt etwa 200 ccm beträgt. Dann destilliert man das Chloroform ab, wobei dafür gesorgt wird, daß der Rückstand als gleichmäßige Schicht an den Wandungen verteilt ist, und trocknet den in heißes Wasser gestellten Kolben in einem Strom trockenen Kohlendioxyds. Das Gefäß wird nach dem Abkühlen gewogen. Die Gewichtszunahme des



Kolbens gibt, mit 2 multipliziert, die Menge der löslichen Substanz. Die Differenz zwischen dem Gewicht der angewendeten Menge und dem der in Lösung gegangenen, ist die mechanische Verunreinigung. Zur Bestimmung der Gutta bzw. des Harzes wird das mit Inhalt gewogene Glaskölbchen dreimal am Rückflußkühler mit Azeton ausgekocht. Die Azetonlösung wird jedesmal abgegossen. Beim Kochen und beim Abgießen des Azetons ist darauf zu achten, daß die Masse sich nicht zu Klumpen zusammenballt, weil dadurch die Extraktion behindert wird. Den Rückstand löst man wieder in Chloroform, um nochmals eine fest an der Wandung hängende, dünne Schicht zu haben, und destilliert ab. Hiernach wird nochmals mit Azeton extrahiert, um sicher zu sein, daß alles Lösliche auch wirklich herausgenommen ist. Der nun verbleibende Rückstand wird im Kohlendioxydstrom getrocknet und zur Wägung gebracht. Das Gelöste ist die Harzsubstanz, das Ungelöste die Gutta. Die Mengen werden, mit 2 multipliziert, auf Ausgangsmaterial minus Wasser berechnet.

b) Die Bestimmung des Erweichungspunktes stammt gleichfalls von O b a c h. Sie wird in folgender Weise ausgeführt: Gleiche Streifen der zu untersuchenden Proben werden in je einem Rahmen durch Federn unter Spannung erhalten. Der Apparat steht in einem mit Thermometer versehenen und geheizten Wasserbade und ist so eingerichtet, daß in dem Augenblick, in dem die Feder die weichgewordene Guttapercha wegdrückt, ein elektrisches Läutewerk ertönt, worauf man die Temperatur abliest. Auch die Zeit, die eine geschmolzene Probe gebraucht, um wieder zu erhärten, wird gemessen.

c) Die außer dem Erweichungspunkt wichtigen mechanischen und physikalischen Prüfungen werden dem Gebrauchszweck entsprechend ausgeführt. Die Methoden sind die gleichen wie sie für Kautschuk und Kautschukwaren angewendet werden, auch in bezug auf die elektrischen Eigenschaften usw. Wegen weiterer Einzelheiten derselben muß auf das Spezialwerk von O b a c h und weiter unten, S. 101, »Mechanische Prüfungen«, verwiesen werden.

## 2. Balata

Balata ist der geronnene Milchsaff des gleichfalls zu den Sapotaceen gehörigen großen Baumes *Mimusops Balata* (*Sapota Mülleri*). Die wertvolle Substanz der Balata ist eine Gutta, die von beachtlichen Mengen Harz begleitet ist.

Die Untersuchung der Balata schließt sich in allen Einzelheiten den für Guttapercha angegebenen Arbeitsweisen an. Wichtig ist hier ganz besonders die Bestimmung des Erweichungspunktes wegen der Verwendung zur Herstellung von Textilriemen. Es läßt sich hier leicht die oben beschriebene Methode nach K r a e m e r und S a r n o w, S. 24, anwenden. Man verwendet eine gleichbleibende Menge Quecksilber (etwa 10 g) und beobachtet das Verformen der aus dem Glas gedrängten Balata. Wichtig ist Balata als Alterungsschutz und zur Erzielung einer langsameren Vulkanisation in Kautschukmischungen.

## II. Das chemische Laboratorium als Prüffeld für Fertigwaren

### Die rein analytische Prüfung von Kautschukwaren und die Einzelheiten der Ausführungsformen

#### A. Allgemeines

Bei der Durchführung der analytischen Ermittlung der Aufbaustoffe eines aus Kautschuk gefertigten Gegenstandes ist ein sehr genau innezuhaltender logischer Arbeitsweg zu verfolgen. Der Grund für die genaue Innehaltung der Arbeitseinzelheiten liegt:

- a) in der Mannigfaltigkeit der zu erfassenden und zu erkennenden Stoffe,
- b) in der Notwendigkeit, den Herstellungsweg der Ware zu verfolgen, sei es zur Überwachung des Betriebes oder aus irgendeinem anderen Grunde.

Es ist deswegen sachlich der analytischen Arbeit ein Arbeitsschema zugrunde zu legen. Dazu hat sich die im *Berl-Lunge*<sup>60</sup> angegebene Arbeitstabelle aus den verschiedenen, die nebeneinander bisher geführt wurden, zusammenziehen lassen. Diese und daneben nur noch eine gleichfalls aus mehreren früheren kombinierte (*W e b e r*), seien hier angegeben und durchgeführt. Es sei hier gleich gesagt, daß bei den weiteren Angaben dieser Tabelle und den zugehörigen Arbeitseinzelheiten, die im *Berl-Lunge*<sup>61</sup> mitgeteilt sind, gefolgt wird unter Benutzung des gleichen Materials, um nicht durch Neudarstellung der Annahme Raum zu lassen, als ob es sich nicht um die ganz gleichen Arbeitswege handeln könne.

Gleichfalls an dieser Stelle soll gesagt sein, daß die direkte Bestimmung der Menge und Art des zur Herstellung des zu untersuchenden Gegenstandes verwendeten Rohkautschuks bisher nicht möglich ist. Vereinzelt kann man die vorgeschlagenen Methoden zur Isolierung der aus den Isoprenen erhaltenen Nitrosierungs- und Bromierungsprodukte oder anderer Derivate der Isoprene anwenden, aber sie führen meist zu Trugschlüssen. Es soll deswegen hier für diese Arbeiten nur auf die hauptsächlichsten Literaturstellen hingewiesen werden.<sup>62</sup>

Auf die Erkennung von synthetischem Kautschuk, der heute kaum erstliche Bedeutung in normalen Zeiten hat, sei gleichfalls nur hingewiesen. Ist eine Prüfung auszuführen, so benutzt man die Arbeitsweise

<sup>60</sup> Chem.-techn. Untersuchungsmeth. Bd. V S. 495 ff.

<sup>61</sup> loc. citat

<sup>62</sup> Jodierung: Budde, Pharm. Ztg. (1905) S. 432; Beans u. Adams, Ind. Engng. Chem. (1920) S. 673; Axelrod, Gummi-Ztg. (1907) S. 1229; Hübner, Chem. Ztg. (1909) S. 648 u. 662; Hinrichsen u. Kindscher, Chem. Ztg. (1912) S. 217 und 230. — Nitrosierung: Alexander, Gummi-Ztg. (1907) S. 727; Tuttle und Yurow, I.R.W. (1917) S. 17; Einzelheiten dieser Arbeit, s. Memmler; Handb. d. Kautschukwiss.; Hirzel (1930) S. 396.



Tabelle 1. Zusammenstellung des Analysenganges (für fast alle Fälle anwendbar, bei Gummiwaren, das sind Weich- und Hartkautschukerzeugnisse)

1. Ausgangsmaterial wird mit Aceton extrahiert		4. Direkte Bestimmungen im Ausgangsmaterial	
<b>A. Extrakt:</b> Gesamte Menge des freien Schwefels Harzsubstanz des Kautschuks Zersetzte Kautschuksubstanz Beschleuniger: Teilstickstoff Partiiell geschwefelte Faktisanteile Erweichungs- und Alterungsschutzmittel Fremde Harze Harzöle Mineralöle Feste und flüssige Kohlenwasserstoffe Freie fette Öle Wachs Lanolin (Wollfett) Lösliche Anteile v. Teeren, Pechen u. Asphalten Organische Farben Feuchtigkeit (indirekte Bestimmung)	<b>B. Rückstand wird in 2 Gruppen weiter bearbeitet:*</b>		Wasser Gesamtstickstoff In Wasser lösliche Stoffe a) Leim (Eiweiß), Teilstickstoff b) Glycerin c) Stärke, Dextrin usw. Asche (zur qualitativen Untersuchung) (Kupfer und Mangankupfer quantitativ) Gesamtschwefel (mit eventl. qualitativer Mineralanalyse) Gesamtchlor Ruß und Graphit Sulfide (sulfider Schwefel) Zinnober Goldschwefel Carbonate Cellulose
	2. Behandeln mit alkoholischem Kali	3. Behandeln mit Xylol im Autoklaven	
	<b>C. Extrakt:</b> Weißer Faktis, daran gebundenes Chlor und Schwefel Brauner Faktis, daran gebundenes (Chlor) und Schwefel Oxydierte fette Öle Chlor, das an Kautschuk gebunden war Teil des Zinkoxydes und Goldschwefels Verseifbare, nicht in Aceton lösliche fremde Harze	<b>D. Rückstand:</b> Kautschuksubstanz, daran gebundener Schwefel Mineralbestandteile, soweit nicht mit alkoholischem Kali zersetzbar und danach in Wasser löslich	

\* An dieser Stelle wird nach den Richtlinien für die Prüfung von Kautschuk 1925 die Extraktion mit Chloroform eingeschaltet.

Tabelle 2. Analysengang für Gummischuhe, Hartgummi und sehr kompliziert zusammengesetzte Gegenstände  
(Nach Weber, The Chem. of. Ind. Rubb. S. 258 und Richtlinien vervollständigt)

1. Ausgangsmaterial wird mit Aceton extrahiert					6. Direkte Bestimmungen im Ausgangsmaterial			
<p><i>A. Lösung:</i>                      Freier Schwefel                      Harzsubstanz aus Kautschuk                      Zersetzter Kautschuk                      Zugesezte Harze                      Harzöl                      Mineralöl                      Feste und flüssige Kohlenwasserstoffe                      Erweichungs-, Alterungsschutzmittel, Beschleuniger (Teilstickstoff)                      Wachs                      Freie fette Öle                      Lackanteile                      Teer-, Pech-, Asphaltbestandteile                      Organ. Farbstoffe                      Lanolin (Wollfett)                      Lösliche Faktisanteile                      Feuchtigkeit indirekt</p>	<p><i>B. Rückstand:</i>                      2. Extraktion mit Pyridin oder Chloroform</p>				<p>Wasser                      Asche (zur qualitativen Untersuchung)                      Kupfer- und Manganquantitativ                      Gesamtschwefel und Chlor                      Goldschwefel                      Zinnober                      Kohlensäure                      Sulfidschwefelbestimmung                      Gesamtstickstoff                      In Wasser lösliche Stoffe:                      a) Leim (Teilstickstoff)                      b) Glycerin                      c) Stärke, Dextrin usw.</p>			
	<p><i>C. Extrakt:</i>                      (Asphalt) Bitumen                      Teer-Bestandteile                      Pech-Bestandteile                      Schwefel in den genannten Substanzen                      Guttapercha                      Balata                      Harze</p>		<p><i>D. Rückstand:</i>                      3. Behandlung mit alkoholischem Alkali</p>					
			<p><i>E. Extrakt:</i>                      Weißer Faktis, Brauner Faktis, daran gebundenen Schwefel und Chlor                      Oxydierte fette Öle                      Verseifbare Harze                      Zinkoxyd</p>				<p><i>F. Rückstand:</i>                      4. Auskochen mit Nitrobenzol, Paraffinöl, Anisol usw.</p>	
			<p><i>G. Extrakt:</i>                      Kautschuk                      Schwefel im Kautschuk</p>				<p><i>H. Rückstand:</i>                      5. Auskochen mit Wasser</p>	
							<p><i>I. Extrakt:</i>                      Stärke                      Mehl                      Dextrin                      Leim</p>	<p><i>K. Rückstand:</i>                      Ruß, Graphit                      Koke aus Pech usw.                      Faserstoffe                      Mineralbestandteile insgesamt, Einzelbestimmung derselben und Schwefelbilanz in denselben</p>



Seite 3 extrahiert aber zunächst mit Azeton und ozonisiert in Gegenwart von Kalziumkarbonat zur Absättigung der Säuren, die sonst die entstehenden Aldehyde und Ketone zur Verharzung bringen können. Die Säuren werden dann später<sup>63</sup> durch Ausäthern nach vorsichtigem Ansäuern der Kalksalze abgeschieden zur weiteren Erkennung.

Die Arbeitsweisen der Richtlinien für die Prüfung von Kautschuk<sup>64</sup> sind bei den Arbeitsmethoden angegeben. Die Zitate sind mit einem R. bezeichnet.

## B. Die Tabellen für den Analysengang

Wie bereits in diesem allgemeinen Teil A angegeben ist, sind für die Durchführung der Untersuchung von Kautschukwaren auf die in denselben enthaltenen Einzelbestandteile und die Verarbeitungsweise nur noch zwei systematische Wege zu verfolgen, die in den vorstehenden Tabellen 1 und 2 angegeben sind. Es ist dabei sachlich Rücksicht zu nehmen auf die äußere Beschaffenheit des Gegenstandes. Es ist z. B. die Pyridin- oder/und Chloroformextraktion bei hellen Waren nie erforderlich. Eben- sowenig kommt sie in Frage bei den nahtlosen und ähnlichen Gegenständen.

## C. Die Ausführungsweisen zu den Gruppen- und Einzelarbeiten

### 1. Herstellung eines Durchschnittsmusters

Die Fabrikation der Kautschukwaren erfordert eine mechanische Mischarbeit (vgl. Mischungswesen). Hierdurch wird es bedingt, daß selbst bei der allersorgfältigst überwachten Arbeit die technischen Artikel keineswegs immer ein in sich völlig homogenes Material darstellen. Soll die Analyse deshalb die durchschnittliche Zusammensetzung der Waren ergeben, so ist die sorgfältige Herstellung eines Durchschnittsmusters aus nicht zu kleinen Materialproben erste Bedingung. Hierfür führe man die letzteren, wenn irgend tunlich, in ein möglichst kleinstückiges und gleichmäßiges Gemisch über. Man kann auch vorsichtig unter Kühlung der friktioniert laufenden Walzen ein Durchschnittsmuster zusammenwalzen, doch sollte dies nur von sehr sachverständigen Händen ausgeführt werden. Weichgummiwaren werden in möglichst kleinen Würfeln oder Streifen von etwa  $\frac{1}{2}$  mm zerschnitten. Hartgummiwaren werden mit einer Raspel zu einem Pulver zerkleinert, das zur Entfernung etwaiger mechanisch eingelangter Eisensplitterchen mit einem Magnet behandelt wird. Unvulkanisierte Waren werden auf der Walze möglichst dünn ausgezogen, eventuell nach dem Ausziehen noch zu dünnen Streifen zerschnitten.

### 2. Das Trocknen der Durchschnittsprobe

Das Trocknen der Proben ist eine Operation, die beim Gang der Analyse sich oft wiederholt und auf die besondere Sorgfalt verwendet

<sup>63</sup> Vgl. Gummi-Ztg. (1919) S. 1222

<sup>64</sup> D.V.M. Nr. 76 Ausschuß 13 (Dezember 1925)

werden muß. Am besten werden die Muster in Porzellanschiffchen abgewogen, zu mehreren in ein weites Glasrohr gebracht und im langsamen Wasserstoff- oder Stickstoffstrom bei einer Temperatur von 80 bis 95° getrocknet. Bei dieser Arbeitsweise ist keinerlei Zersetzung zu befürchten. Trocknet man im luftverdünnten Raum, so muß man die Vorsicht gebrauchen, vor dem Öffnen des Gefäßes ganz abkühlen zu lassen; will man besonders vorsichtig sein, so kann man anstatt Luft ein indifferentes Gas in das Gefäß hineinlassen. Letztere Arbeitsweise ermöglicht zwar die Anwendung einer niedrigen Temperatur, hat aber sonst mancherlei Nachteile. Leuchtgas ist nicht geeignet als Schutzgas. Die Trocknung an der Luft im Trockenschrank bei 90 bis 96° C hat den Nachteil, daß besonders bei gefüllten, vulkanisierten Waren Oxydation des Kautschuks nicht ganz vermieden werden kann. Dieses Verfahren hat aber die große Einfachheit für sich und ist genügend zuverlässig. Auch die Differenzmethode bei der Extraktion (vgl. Seite 9) ist gut verwendbar. Vielfach ist es auch üblich, die zerkleinerten Proben auf einem Uhrglas über Schwefelsäure im evakuierten Exsikkator bis zur Gewichtskonstanz zu trocknen.

### 3. Bestimmung des Gesamtstickstoffes

Die Stickstoffbestimmung in den Kautschukwaren wird in der Probe direkt im allgemeinen nach Kjeldahl, Seite 5, ausgeführt. Zur Bestimmung werden 1 bis höchstens 2 g angewendet. In einzelnen Fällen wird auch die Mikrokjeldahlbestimmung, Seite 5, ausgeführt.

Der Aufschluß nach Kjeldahl mit Schwefelsäure ist langwierig. Es ist deswegen von Frank-Gerö-Klatt (unveröffentlicht) zur besonders schnellen Bestimmung des Stickstoffs die folgende Arbeitsweise eingeführt:

1 g der sehr gut zerkleinerten Kautschukprobe wird zusammen mit einem Glaskügelchen in einem Kjeldahlkolben von 250 bis 300 ccm Inhalt mit 5 ccm konzentrierter Schwefelsäure übergossen. Es tritt meist keine nennenswerte Reaktion in der Kälte ein. Es werden dann gleich 5 ccm Perchlorsäure (spezifisches Gewicht 1,54 70proz.) hinzugefügt. Die Erwärmung wird vorsichtig ausgeführt (vgl. unter Schwefelbestimmung, Seite 62 ff.). Starke Reaktion wird vermieden. Falls die Oxydation nicht vollständig innerhalb 8 bis 10 Minuten durchgeführt ist, so wird weiter Perchlorsäure bis zu nochmals 5 ccm hinzugefügt. Die Reaktion ist im allgemeinen innerhalb 10 bis 12 Minuten beendet.

Die Bestimmung wird dann in üblicher Weise weitergeführt. Sie ist auch gut verwendbar für die Bestimmung von Quecksilbersalzen an Stelle der Methode Frank-Birkner, Seite 81.

### 4. Bestimmung der wasserlöslichen Anteile (R)

Kautschukwaren: Mindestens 10 g des zerkleinerten Materiales werden dreimal je 10 Minuten mit der fünffachen Menge Wasser ausgekocht. Die vereinigten filtrierten Lösungen werden eingedampft und bei 100° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die gefundene Menge gibt ein annäherndes Bild über den Gehalt an wasserlöslichen Anteilen.



Eiweißstoffe, Leim, Gelatine und Beschleuniger werden nach besonderen Methoden bestimmt. In der wäßrigen Auskochung lassen sich qualitativ nachweisen:

- a) **Stärke**, erkennbar an der Blaufärbung nach Zugabe von wäßriger Jodlösung.
- b) **Glyzerin**, nachzuweisen nach **Linde**: Borax färbt die Flamme bei Anwesenheit von Glyzerin grün; mit Lackmus blaufärbte Boraxlösung wird durch Glyzerin rot gefärbt.<sup>65</sup> Mischt man den Rückstand mit der doppelten Menge von saurem schwefelsaurem Kalium und erhitzt rasch, so tritt ein starker Acroleingeruch auf.
- c) **Leim, Gelatine** durch Gerbsäurelösung.
- d) **Anilin** durch Chlorkalklösung oder Kaliumbichromat.
- e) **Kaust. Alkalien**, nachzuweisen durch Titration mit  $\frac{1}{10}$  n- $H_2SO_4$ ; Indikator Phenolphthaleïn.
- f) Ist freies Ammoniak zugegen, das man mit Neßlers Reagens erkennt, so kann auf Aldehyd-Ammoniak, Hexamethylentetramin oder ähnliche als Beschleuniger verwendete Zusätze gefolgert werden.

## 5. Aschenbestimmung und qualitative Analyse der mineralischen Aufbaustoffe

Der Aschengehalt gibt nur annähernde Werte für die Summe der vorhandenen anorganischen Bestandteile, weil die Karbonate und Sulfide mehr oder weniger weit zersetzt, Oxyde geschwefelt werden und flüchtige Metallverbindungen entweichen. Die trotzdem stets auszuführende Veraschung kann daher nicht als absolut maßgebend für die Menge der vorhandenen Mineralbestandteile angesehen werden; sie dient zur Kontrolle der anorganischen Einzelbestimmungen.

Die Aschenbestimmung wird mit etwa 1 g der Durchschnittsprobe ausgeführt nach der oben Seite 4 angegebenen Arbeitsweise. Bei sorgfältiger Beobachtung dauert eine Aschenbestimmung nicht länger als 10 bis 20 Minuten und erfordert nur mäßige Temperatur, bei der eine Zersetzung der Karbonate z. B. ziemlich weitgehend vermieden werden kann. Die Asche wird gewogen und zur Ausführung der qualitativen Untersuchung der üblichen Analysengang benutzt.

Bei unbeschwertem Kautschukwaren ergibt die Aschenbestimmung den annähernd genauen Gehalt an mineralischen Verunreinigungen, die selbst bei gut gewaschenen Rohkautschuken mehrere Zehntel, bei einzelnen Sorten sogar mehrere Prozente zu betragen pflegen. In den Aschen sollte stets die Prüfung auf Kupfer und Mangan (vgl. oben Seite 18) ausgeführt werden.

## 6. Quantitative Bestimmung des Gesamtschwefels usw.

Für die besonders wichtige Bestimmung des Schwefels und Aufstellung der Schwefelbilanz sind zu den alten Methoden einige neuere hinzugekommen, die schnellere und zuverlässige Ausführung gewährleisten.

<sup>65</sup> Z. angew. Chem. 10 (1897) S. 5

Dies war nötig, weil schon die geringen Fehlermöglichkeiten der bisherigen Verfahren für die heutigen Mischungen zu erheblichen Unsicherheiten führen können.

#### a) Alte Methode Henriques (Salpetersäure-Aufschluß und nachfolgende Soda-Salpeterschmelze)

Das bisher vorwiegend angewendete Verfahren zur Schwefelbestimmung ist das Folgende: Etwa 0,5 bis 1 g der Kautschukprobe wird im innen glasierten Aschenschälchen abgewogen und mit 2 bis 3 ccm konzentrierter Salpetersäure 1 Stunde hindurch bei Zimmertemperatur unter dem Abzug stehengelassen. Zweckmäßig fügt man einen Tropfen Brom hinzu und bedeckt mit einem durchgebohrten Uhrglas. Hiernach wird das Schälchen auf das kalte Wasserbad gesetzt und das letztere langsam angeheizt. Eine zu starke Reaktion ist nicht mehr zu befürchten und selbst bei Patent- und Hartgummiwaren zu vermeiden. Ist die zunächst zugegebene Säure verjagt, so ist es empfehlenswert, nach Verjagung der angewendeten Salpetersäure, den Schalenrückstand noch zweimal mit je 3 ccm rauchender Salpetersäure zu behandeln. Ist der Rückstand bis zu zäher Sirupkonsistenz eingedickt, so fügt man vorsichtig einen Tropfen Alkohol hinzu und verrührt den Brei in der Wärme leicht und sicher mit einem feinpulverigen Gemisch aus reiner Soda und Salpeter (5 : 3) mit einem kleinen Glasstab, den man zum späteren Umrühren in der Schale läßt, und überstreut die Mischung noch genügend mit dem Salzgemisch. Hiernach wird sorgfältig bei 120 bis 130° C getrocknet. Es folgt dann der zweite Teil der Operation, die Schmelze, dieselbe muß im Anfang sehr vorsichtig und unter ganz allmählicher Steigerung der Temperatur vorgenommen werden, um plötzliche Verpuffungen zu vermeiden. Man setzt hierzu das Schmelzschälchen etwa 5 cm hoch über eine ganz kleine leuchtende Bunsenflamme und überdeckt das Schälchen mit einem zweiten derselben Form (Hohlseite nach unten). Allmählich wird die Flamme vergrößert. War die vorausgegangene Trocknung nicht vollständig, so wischt man vom Deckelschälchen von Zeit zu Zeit das etwa auftretende Wasser ab, damit nicht ein Tropfen zurückfällt und so eine plötzliche Reaktion herbeiführt. Tritt dennoch einmal eine Verpuffung ein, so bleiben weggeschleuderte Teilchen in der Deckschale, in der sie später für sich mit Soda-Salpeter geschmolzen werden können. Normal schwärzt sich die Masse allmählich an den Rändern und kann dann kräftiger geschmolzen werden, während in der Deckschale sich nur braune, schwefelfreie Destillationsprodukte ansammeln. Die Dauer der Schmelze, die man gegen Schluß, nach Abnahme der Deckschale, durch Rühren des mit der Tiegelflange gefaßten Glasstäbchens beschleunigt, beträgt 1½ bis 2½ Stunden.

Zu empfehlen ist es, die Schmelze in den Schalen nicht ganz kalt werden zu lassen, sondern sie über ganz kleiner Flamme mäßig abzukühlen und noch warm mit siedendem Wasser die Krusten zur Lösung zu bringen. Nachdem die Schälchen einige Male ausgespritzt sind, pflegen sie rein zu sein, und es gelingt sehr leicht, dem normalen Analysengange entsprechend, die Alkalisulfate von den Karbonaten und Oxyden der Metalle und Erden zu trennen. Diese letzteren, also der nicht in Lösung



gehende Schaleninhalt, werden auf einem kleinen Filter gesammelt, und so lange mit siedendem Wasser ausgewaschen, bis das ablaufende Filtrat keine Schwefelsäurereaktion mehr gibt.

Falls größere Mengen Kieselsäure vorhanden sind, worüber die qualitative Analyse der Asche bereits Auskunft gegeben hat, kann ein Teil derselben mit als Alkalisilikat gelöst sein. Man dampft alsdann das mit Salzsäure angesäuerte Filtrat zur Trockne, macht die Kieselsäure in bekannter Weise unlöslich und filtriert ein zweites Mal. Im Filtrat befindet sich jetzt der gesamte Schwefel in Form von schwefelsaurem Salz. Er wird in üblicher Art als schwefelsaurer Baryt gefällt und bestimmt. Da ziemlich viel Nitrate zugegen sind, muß das gefällte Bariumsulfat zur Entfernung von etwa mitgefallenem Bariumnitrat mit heißer Salzsäure ausgewaschen werden. Bei Hartgummiwaren und bei den Weichgummiwaren, die mit großen Mengen von Sulfaten beschwert sind, empfiehlt es sich, nur einen aliquoten Teil des Filtrates zur Schwefelbestimmung zu benutzen.

Auf den Filtern gesammelt hat man die in den Kautschukwaren vorhandenen Metalle und Erden als Oxyde oder Karbonate, also in leicht säurelöslichem Zustande.<sup>66</sup> Zur weiteren Untersuchung wäscht man die Filter mit heißer, verdünnter Salzsäure aus, wobei die Kieselsäure allein ungelöst zurückbleibt. Die salzsaure Lösung wird zur Bestimmung der übrigen Metalle und Erden nach den bekannten Methoden benutzt.

Da Quecksilberverbindungen bei der Aufschlußarbeit verlorengehen und Zinnober in roten Gummiwaren noch vorkommt, so muß bei Anwesenheit von Quecksilber, ebenso wie bei Gegenwart von Goldschwefel, die Bestimmung dieser Anteile in einer gesonderten Probe ausgeführt werden.

### b) Schwefelbestimmung nach Rothe (R)

Zur Bestimmung des Gesamtschwefels wird nach Rothe 1 g des Kautschuks in einem Jenaer Rundkolben (200 ccm) mit 1 g Magnesiumoxyd und 30 ccm Bromsalpetersäure versetzt und erst auf dem Wasserbad, später auf dem Sandbad erhitzt, bis die organische Substanz vollständig zerstört ist. Hierauf wird der Kolbeninhalt auf freier Flamme unter lebhaftem Umschwenken zur Trockne eingedampft und bis zur Zerstörung der Nitrate erhitzt. Im Rückstand dürfen sich keine kohligen Anteile zeigen, andernfalls ist das Verfahren zu wiederholen. Nunmehr wird der Kolbeninhalt mit 5 ccm konzentrierter Salpetersäure aufgenommen, mit Wasser verdünnt und in eine Porzellanschale filtriert. Das Filtrat wird zur Trockne verdampft und dreimal mit je 5 ccm konzentrierter Salzsäure abgeraucht. Nach dem Aufnehmen des Rückstandes mit 5 ccm konzentrierter Salzsäure und starkem Verdünnen mit Wasser wird heiß filtriert, heiß nachgewaschen und im Filtrat (etwa 200 ccm) in

<sup>66</sup> Sehr geringe Mengen Blei, Kalk und Antimon werden mitunter im alkalischen Filtrat der Schmelze gefunden. Ihre Vernachlässigung führt keine irgendwie ins Gewicht fallende Ungenauigkeit herbei, höchstens empfiehlt es sich, in der Mutterlauge von der Schwefelbestimmung in Lösung gegangenes Antimon mit  $H_2S$  zu fällen.

der Siedehitze mit heißer Bariumchloridlösung die gebildete Schwefelsäure gefällt.

Der auf dem Filter befindliche unlösliche Rückstand wird mit Natrium-Kalium-Karbonat aufgeschlossen, die Schmelze mit Wasser ausgezogen und die alkalische Lösung heiß filtriert. Das Filtrat wird mit Salpetersäure angesäuert, eingedampft und die Schale mit Rückstand 2 Stunden im Trockenschrank auf 135° erhitzt. Der Rückstand wird mit Salpetersäure durchfeuchtet, mit Wasser aufgenommen und von der Kieselsäure und etwa vorhandener Antimonsäure abfiltriert. Das Filtrat wird in einer Porzellanschale zur Trockne verdampft, dreimal mit Salzsäure abgeraucht, mit etwa 5 ccm HCl aufgenommen, mit Wasser verdünnt und darin in der Siedehitze die Schwefelsäure mit heißer Bariumchloridlösung gefällt.

Aus der Summe der Bariumsulfatniederschläge läßt sich der Gesamtschwefel errechnen.

### c) Schwefelbestimmung nach Kahane (in der Form Klatt und Frank bisher nicht veröffentlicht)<sup>67</sup>

Etwa 1 g der gut zerkleinerten Probe und 1 Glaskügelchen werden in einem 250 bis 300 ccm Langhals-Kolben (am besten Kjeldahl) mit 10 ccm Salpetersäure, spezifisches Gewicht 1,40, übergossen, umgeschüttelt und falls eine Reaktion eintritt, bis zum Abklingen derselben vorsichtig geschüttelt. Danach werden dann 5 ccm reine Perchlorsäure (spezifisches Gewicht 1,54 etwa 70proz.) hinzugefügt. Der Kolben wird dann mit einer zugeschmolzenen Glasperle bedeckt. Nun wird langsam zum Sieden erwärmt. Nach einigen Minuten ist die Probe scheinbar in Lösung gegangen. Man kann nun bei offener Flamme das Erhitzen fortsetzen. Die roten Dämpfe verflüchtigen sich schnell. Ist die Salpetersäure verdunstet und der Inhalt des Kolbens klar geworden, tritt plötzlich eine Dunkel-färbung ein und die Flüssigkeit schäumt stark auf. Dieser Moment ist abzapassen. Die Flamme ist während des Aufschäumens fortzunehmen. Es ist so zu arbeiten, daß möglichst nichts von dem Schaum in den Hals des Kolbens eintritt. Ist so gearbeitet, so kann man nach dem Abklingen der Reaktion ungehindert weiter erhitzen, ohne zu unterbrechen. Man setzt die Erwärmung so lange fort, bis die Flüssigkeit vollkommen klar geworden ist, und man kann sogar das Sieden so lange fortsetzen, als noch Säure vorhanden ist. Ein vollständiges Eindampfen zur Trockne ist zu vermeiden.

Sollte die Flüssigkeit nicht wasserhell nach dieser Behandlung sein, so setzt man allmählich noch 2 ccm Perchlorsäure zu, unter Fortsetzung des Siedens. Die ganze Operation dauert normal bei Kautschuk 7 bis 10 Minuten. Nach dem Erkalten wird verdünnt filtriert und im Filtrat die Schwefelsäure in bekannter Weise gravimetrisch bestimmt. Man arbeitet am besten so, daß man das Filtrat auf ein bestimmtes Volumen auffüllt. Ein Teil dient zur Bestimmung der Schwefelsäure, der andere Teil für andere quantitative Untersuchungen und besonders auf in Lösung ge-

<sup>67</sup> Kahane, Le Caoutchouc et la Guttapercha Bd. XXIII S. 13 154 und Wole-sensky, Ind. Engng. Bd. XX S. 1234



gangene anorganische Hilfsstoffe. Der an Barium als Schwerspat gebundene Schwefel wird hierbei nicht erfaßt und bleibt im Filter, und wird als Rest der Schwefelsäure in üblicher Weise durch das Aufschlußverfahren erfaßt. Man erleichtert sich die Arbeit sehr dadurch, daß man den Rückstand mit Fluorwasserstoffsäure abraucht und so die Kieselsäure entfernt. Wichtig ist es, daß im Filtrat neben der Schwefelsäure die Bestimmung des Selen als Selenoxyd in bekannter Weise gelingt. Dies ist die günstigste Arbeitsweise, um das neuerdings häufiger vorkommende Selen zu bestimmen.

Die Bestimmung des Titans, das auch von Zeit zu Zeit als Hilfsstoff für weiße, besonders Milchkanneerringe und ähnliches dient, wird gleichfalls an dieser Stelle erfaßt, und zwar bei dem unlöslichen Anteil neben dem Bariumaufschluß nach Entfernung der Kieselsäure.

#### d) Die Arbeitsweise Grote und Krekeler <sup>68</sup>

von Frank, Gerö und Motzkus für Kautschuk angepaßt, ist zuverlässig, aber nicht ganz einfach. Sie kann mit der Aschen-, und bei Teilung der Aufschlüsse, mit der Chlorbestimmung vereinigt werden. Bei Kautschukwaren wird das zerkleinerte Material in lange Porzellanschiffchen eingewogen und im sehr flotten Luftstrom ganz langsam abdestilliert und die Destillate an den porösen gefritteten Quarzflächen, die stark glühen, zur Verbrennung gebracht. Falls sehr viele Bestimmungen auszuführen sind, ist es empfehlenswert, zwischen die gefritteten Glasplatten einige Scherben mit Platintränkung als Kontakt einzulegen. Man ist dann sicher, die Verbrennung quantitativ zu  $\text{SO}_3$  durchzuführen. Als Absorptionsgefäß schaltet man vorteilhaft einen Langhalskolben, der etwas Wasser enthält und einen Rückflußkühler ein. Man erreicht in den Wasserdämpfen absolute Absorbierung der Säure. Die Asche im Schiffchen wird gewogen und zur weiteren Bestimmung des gebundenen Schwefels und der übrigen Stoffe benutzt. Beide Schwefelbestimmungen zusammen ergeben den Gesamtschwefel.

Weiter seien für einzelne Fälle erwähnt die Methoden:

#### e) von Konek und Pennock Morton

über die Alexander <sup>69</sup> eingehend berichtete.

#### f) nach Butironi <sup>70</sup>

In Ätzkalischmelze im Silbertiegel wird 0,2 bis 0,5 der zerschnittenen Kautschukprobe unter Umrühren mit Silberdraht eingetragen und erhitzt, bis die Schmelze weiß wird. Dann wird wie üblich weiterbehandelt.

#### g) Methode nach Saladini

Saladini <sup>71</sup> arbeitet im Anschluß an ältere Methoden in der Bombe so, daß die Probe mit 1 g Dekalin übergossen und wie üblich gezündet wird. Die weitere Verarbeitung verlangt den Aufschluß der Mineral-

<sup>68</sup> Z. angew. Chem. 46 (1933) S. 106

<sup>69</sup> Gummi-Ztg. (1904) S. 729

<sup>70</sup> Chem. Zbl. 96 (1925) S. 910; Origin. G. Chim. 6 (1924) S. 535

<sup>71</sup> G. Chim. ind. appl. 9 (1932) S. 409; Ref. Gummi-Ztg. 47 (1932) S. 222

bestandteile und volle Weiterbehandlung wie bei der Soda-Salpeterschmelze.

Die gleichen Arbeitsweisen werden angewendet für die Schwefelbestimmungen, die im weiteren Verlauf der analytischen Arbeiten (Azetonextrakt usw.) auszuführen sind.

### 7. Bestimmung des Chlors

Chlor ist in Kautschukwaren lediglich in organischer Bindung vorhanden. Zur quantitativen Chlorbestimmung wird die Substanz (1 g) vorsichtig mit Soda-Salpetergemisch (5 : 3) — gut mit Salzgemisch überdeckt — verschmolzen. Ein Verlust an Halogen ist dabei nicht zu befürchten. Die Schmelze wird in Wasser gelöst, filtriert, mit Salpetersäure angesäuert, mit einem Überschuß von Silbernitrat versetzt, aufgekocht und nun entweder dieser Überschuß nach *V o l h a r d* mit  $\frac{1}{10}$  n-Rhodanlösung zurücktitriert (1 ccm  $\frac{n}{10}$   $\text{AgNO}_3 = 0,0035$  g Cl) oder aber das ausgefällte Chlorsilber gewichtsanalytisch bestimmt. Man überzeugt sich vorher stets, daß das angewendete Soda-Salpetergemisch nicht nur chlorid-, sondern auch chloratfrei ist, daß also eine Probe desselben auch nach längerem Schmelzen keine Chlorreaktion zeigt.

Aus der Chlorbestimmung kann nachstehendes gefolgert werden:

Bei unvulkanisierten Waren weist ein Chlorgehalt auf die Anwesenheit von weißem Faktis hin. Da dieser im allgemeinen 6 bis 8% Chlor enthält, läßt sich der ungefähre Faktisgehalt schon aus der gefundenen Chlormenge annähernd berechnen. Bei warm vulkanisierten Waren deutet ein Chlorgehalt ebenfalls auf weißen Faktis hin, denn Chloride kommen in Kautschukwaren nicht vor. Da ein Teil des Chlors unter anderem bei der Warmvulkanisation der Surrogate verlorengehen kann, so darf aus der noch vorhandenen Menge Chlor nicht auf die Größe des Faktisgehaltes geschlossen werden. Bei kalt vulkanisierten, surrogatfreien Waren ergibt sich aus dem Chlorgehalt die Menge des chemisch gebundenen Chlorschwefels, da dieser sich dem Kautschukmolekül addiert. Sind zugleich in diesen Waren Surrogate nachgewiesen, so kann ein Teil des Chlors dem weißen Faktis angehören. In diesem Falle sind ebenfalls Chlor und Schwefel in etwa äquivalenter Menge vorhanden, während bei Anwesenheit von braunem Faktis wesentlich mehr Schwefel als Chlor vorhanden sein würde. In kalt vulkanisierten Mischungen von Kautschuk und weißem Faktis kann man nach der Entfernung des letzteren durch alkoholisches Kali (vgl. S. 75) aus dem Gehalt an mit Kautschuk gebundenem Schwefel den äquivalenten, nun abgespaltenen Chlorgehalt berechnen, der auf das Vulkanisierungsmittel entfällt. Der Rest des Gesamtchlorgehaltes gehört dem Faktis an.

### 8. Bestimmung des Selens

Obwohl an verschiedenen Stellen (S. 43) bereits auf die Bestimmung des Selens hingewiesen wurde, sei hier noch das Verfahren von *S h a w* und *R e i d l*<sup>72</sup> nach *M e m m l e r*<sup>73</sup> angegeben.

<sup>72</sup> J. Amer. Chem. Soc. 49 (1927) S. 2330

<sup>73</sup> Handb. S. 421



0,5 bis 1 g des Kautschukmaterials werden mit 0,5 g Rohrzucker, 0,2 g Kaliumnitrat und 14 g Natriumsuperoxyd im Tiegel gemischt und das Gemenge noch mit einer dünnen Lage Natriumsuperoxyd überschichtet. Hierauf wird in gewöhnlicher Weise geschmolzen. Die erkaltete Schmelze wird in Wasser gelöst. Die Lösung wird, gegebenenfalls nach dem Filtrieren, zum Sieden erhitzt, um vorhandenes Wasserstoffsperoxyd zu zerstören. Nach dem Abkühlen wird mit Salzsäure angesäuert und mit Wasser verdünnt. Das Selen liegt nun in der Form von Selensäure vor, und kann in folgender Weise als Element abgetrennt und bestimmt werden.

Zu der Lösung gibt man konzentrierte Salzsäure, bedeckt mit einem Uhrglas und erhitzt zum Sieden. Hierauf leitet man in die heiße, aber nicht kochende Flüssigkeit Schwefeldioxyd ein, bis sich der gebildete Niederschlag zusammengeballt hat und die überstehende Lösung klar ist. Nach Abspülen des Uhrglases verdünnt man mit Wasser und filtriert durch einen Goochtiegel. Das Becherglas wird mit Alkohol von adhären dem Selen befreit. Der Tiegelinhalt wird zuerst mit Alkohol und hierauf verschiedene Male mit Wasser gewaschen, und hierauf bei 110 bis 120° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Die mehrfach vorgeschlagene Verwendung von Jodkalium an Stelle von Schwefeldioxyd ist umständlich und nicht so einfach wie die vorher angegebene Bestimmungsart.

### 9. Bestimmung des an Metalle gebundenen Schwefels

Die Bestimmung des als Sulfid an Füllmitteln gebundenen Schwefels erfolgt zweckmäßig in den Mineralbestandteilen, nach der Frank-Markwald-Xylol- bzw. Paraffinölmethode (siehe Seite 78) oder der in den Richtlinien Seite 10, VII beschriebenen Ausführungsform nach Hinrichsen-Kindscher.

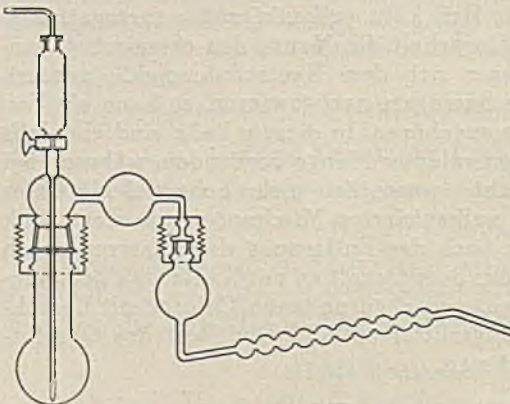


Abb. 22. Apparat zur Sulfidschwefelbestimmung

R. Zur Bestimmung des sulfidisch gebundenen Schwefels eignet sich der von Hinrichsen<sup>74</sup> angegebene Apparat. 2 g der gut zerkleinerten Kautschukprobe werden in den Kolben des Apparates (Abb. 22) übergeführt und etwas destilliertes Wasser hinzugegeben. Sodann leitet man unter Erhitzen Kohlendioxyd hindurch und zer-

setzt mit gut ausgekochter Salzsäure. Enthält die zu zersetzende Substanz Eisenoxyd, so muß reichlich Zinnchlorür oder metallisches

<sup>74</sup> Mitt. Materialprüfungs-Amt Groß-Lichterfelde-West (1907) S. 322

Zink zugesetzt werden. Der entweichende Schwefelwasserstoff wird in der Vorlage (Zehnkugelrohr) in 50 ccm Bromsalzsäure aufgefangen. Der Inhalt des Zehnkugelrohres wird in ein Becherglas gespült und nach Zusatz von etwas Natriumchlorid eingeeengt. Die aus dem abdestillierten Schwefelwasserstoff gebildete Schwefelsäure wird gravimetrisch bestimmt und auf sulfidisch gebundenen Schwefel umgerechnet.

Bei Kautschukwaren irgendwelcher Art, die mit Nahrungs- und Genußmitteln in längere Berührung kommen (Konservenringe, Verschlusskappen, Stopper usw.), ist auf Widerstandsfähigkeit der verwendeten Füllstoffe gegen schwache Säuren usw. zu prüfen durch Aufkochen der fein zerkleinerten Probe mit 5proz. Salzsäure. Es darf keine Spur von Schwefelwasserstoff nachweisbar sein. Bei Hartgummiverschlussstücken ist auch darauf zu prüfen, ob bei bloßer Erwärmung mit Wasser oder trocken auf 100 bis 120° C Geschmack abgegeben oder Schwefelwasserstoff frei wird. Auch beim Zerschlagen der Formstücke dürfen keine Nester (Lunker) vorhanden sein, die mit Schwefelwasserstoff gefüllt sind.

#### 10. Die Bestimmung der in Salzsäure löslichen Mineralbestandteile (Gruppe 4, Tabelle I)

Sie kann verbunden werden mit der Methode des U. S. Joint Rubber Insulation Committee.<sup>75</sup>

Die direkte Bestimmung der in Säure löslichen in den Kautschukwaren verarbeiteten Mineralien kommt noch vereinzelt in Frage. Ausführung der Bestimmung: Man kocht die zerkleinerte Probe etwa  $\frac{1}{2}$  bis 1 Stunde am Rückflußkühler mit Salzsäure, wäscht aus, wiederholt das Auskochen soweit nötig usw., trocknet und bringt zur Wägung.

#### 11. Die Bestimmung der Kohlensäure (Gruppe 4, Tabelle I und Gruppe 6, Tabelle II)

Zur direkten Bestimmung der Kohlensäure kann im Bunsenkolben oder irgendeiner der demselben nachgebauten Apparatur durch Erwärmen der gut zerkleinerten Probe mit Salzsäure, besser mit der nicht flüchtigen Phosphorsäure erfolgen. Man hat dabei zu berücksichtigen, daß aus den Sulfiden gleichzeitig Schwefelwasserstoff entwickelt wird. Deshalb ist die direkte Verlustmethode meist nicht anwendbar, oder es muß das Ergebnis der Bestimmung von Nr. 9, an Metall gebundener Schwefel, entsprechend berücksichtigt werden. Zur Bindung des Schwefelwasserstoffs setzt man bei Anwendung der Salzsäure Quecksilberchlorid oder Kupfersulfat hinzu und gewinnt die freiwerdende Kohlensäure nach dem Passieren durch ein Chlorkalziumrohr im Kaliapparat oder Natronkalkrohr. Pearson<sup>76</sup> hat Essigsäure für den gleichen Zweck und eine entsprechend umständliche Arbeitsweise vorgeschlagen. Die oben angegebenen Methoden sind einfacher und zuverlässig.

<sup>75</sup> Ind. Engng. Chem. (1917) S. 310; vgl. auch Memmler, Handb. (1930) S. 433

<sup>76</sup> Analyst (1920) S. 405



## 12. Die Extraktion der Muster mit Lösungsmitteln (Gruppe 1, Tabelle I und II)

### a) Extraktion mit Azeton

Die Trennung der in Azeton löslichen Anteile der zur Untersuchung gelangenden Roh-, Halb- und Fertigkautschukwaren von den unlöslichen ist eine stets notwendige Arbeit. Die von Henriques aufgestellte Arbeitsregel besteht zum Teil noch in der alten Weise; sie ist apparativ sehr günstig weiter ausgebaut.

Die Ausführung geschieht:

1. Bei Verwendung einheitlich siedender Lösungsmittel im Zuntz-, sonst im Soxhlet-Extraktionsapparat. Die kurzhalsigen Siedegefäße und Extraktionsapparate sind mit Normalglasschliffen zu verwenden. Korkverbindungen sind zu vermeiden.<sup>77</sup>

(R.) 2. In den »Richtlinien« wird nach Verein Deutscher Elektrotechniker<sup>78</sup> der nachstehende Apparat vorgeschlagen (Abb. 23). Das

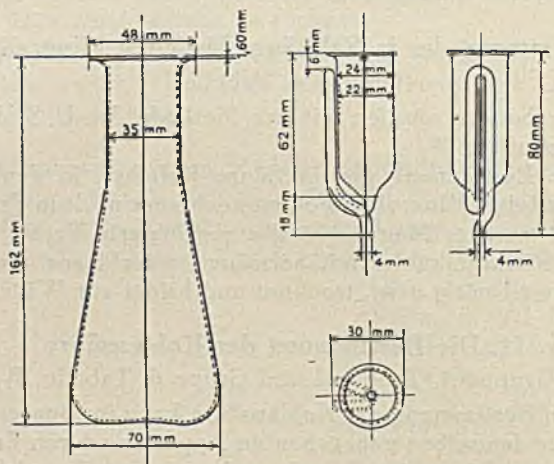


Abb. 23. Extraktionsapparat (VDE)

Hebergeläß wird an dem Kühler befestigt und mit diesem in den mit etwa 50 ccm Azeton und Siedesteinchen beschickten, getrockneten und gewogenen Kolben eingehängt. Dieser Apparat ist durch den bekannten einfacheren Graefe-Extraktionsapparat ersetzbar.

3. Ähnlich 2., aber noch etwas eleganter ist die Apparatur, die in England gebraucht wird (Abb. 4).<sup>79</sup>

<sup>77</sup> Eine andere Apparaturanordnung ist die von Schidrowitz, bei der alle Verbindungen durch Quecksilberschlüsse in bekannter Weise hergestellt werden.

<sup>78</sup> Elektrotechn. Z. (1922) S. 483

<sup>79</sup> Ind. Engng. Chem. 9 (1917) S. 314

Zur Extraktion werden 5 g des zu Pulver zerkleinerten Materials in eine Soxhlet-Hülse gebracht, die mit einem Wattestopfen verschlossen wird. Oder es werden in schmale Streifen geschnittene Fellchen auf Batist ausgebreitet und der über die Streifen zusammengefaltete Stoff über einen Glasstab lose aufgerollt. Die Extraktionen dauern bei Weichgummi 8, bei Hartgummi zweimal 8 Stunden. Die Beendigung derselben wird durch Verdampfung einer kleinen Probe Flüssigkeit aus dem Extraktor kontrolliert. Das Lösungsmittel wird im Wasserbad bei etwa 70° abgedampft, der Rückstand wird vorsichtig getrocknet und gewogen. Die Bestimmung kann durch Wägung des getrockneten Extraktionsrückstandes kontrolliert werden. Die Differenz zwischen dem Gewicht der Einwaage und der Summe der beiden so erhaltenen Wägungen ist die Feuchtigkeit.

In Lösung gehen:

- a) die im Kautschuk vorhandenen sogenannten Harze,
- β) der freie nicht an Kautschuk gebundene Schwefel,
- γ) der unzersetzt gebliebene Anteil des Beschleunigers und die Abbauprodukte desselben,
- δ) die zur Verarbeitung zugesetzten Erweichungsmittel und Alterungsschutzstoffe,
- ε) wie zu δ), Paraffin, Ozokerit, Mineralöle, Wachs, Asphalt und Pechanteile, zugesetzte Harze und Harzöle usw.,
- ζ) die nicht voll geschwefelten Anteile der Faktisse und zugesetzte fette Öle.

Zur Trennung und Identifizierung der in Azeton löslichen Anteile ist noch keine allgemein anwendbare Arbeitsweise, wegen der Vielheit und Mannigfaltigkeit der hier aufzusuchenden Stoffe, vorhanden. Allgemein kann aber folgendes gelten:

Zu α). (Gruppe 1 A, Tabelle I und II.) Im Rohkautschuk können nur normale Harze, die ein Bestandteil des Naturkautschuks sind, vorhanden sein. Der jetzt hauptsächlich verarbeitete Plantagenkautschuk hat selten über 4% solcher löslichen Stoffe. Diese sind sprunghart bis balsamartig, klebend und etwa zur Hälfte verseifbar. Ist der Kautschuk ungünstig aufbereitet oder durch schlechte Lagerung zersetzt (klebrig, leimig [= tacky] geworden), so lösen sich diese depolymerisierten Teile des Kautschuk-Kohlenwasserstoffes im Azeton mit auf. Die Kautschukharze bleiben im zu Handelswaren verarbeiteten Kautschuk, in dem sie zum Teil wichtige Funktionen (Vulkanisationsbeförderung, Alterungsschutz) ausüben, meist löslich und werden annähernd mengenmäßig bei nicht zu komplizierten Mischungen (z. B. bei Kabeln) erfassbar. Eine eventuelle Prüfung der Harzsubstanz auf optische Aktivität geschieht nach Seite 9. Aus der Farbe der Lösung und der Fluoreszenz derselben lassen sich Rückschlüsse auf Anwesenheit von Teer-, Mineralöl- und Asphaltbestandteilen sowie auf azetonlösliche Farbstoffe ziehen und so die eventuell weitere Extraktionsarbeit bestimmen.



Zu  $\beta$ ). (Gruppe 1 A, Tabelle I und II.) Bestimmung des in Azeton löslichen Schwefels. Sie geschieht nach Henriques Seite 63, nach R o t h e Seite 64 oder als sogenannter wahrer freier Schwefel unter der Voraussetzung, daß alle übrigen Anteile des Azetonextraktes in 75proz. Alkohol auch bei niedriger Temperatur absolut löslich sind. Die Arbeitsweise ist in diesem letzteren Falle nach R. die folgende.<sup>80</sup>

(R.) Der Azetonextrakt wird mit 50 ccm einer kaltgesättigten Lösung von Schwefel in 75proz. Alkohol versetzt und das Gesamtgewicht auf 0,5 g genau festgestellt. Hierauf wird einige Minuten auf 50° erwärmt und langsam abkühlen gelassen. Etwaige Verdampfungsverluste werden durch reinen 75proz. Alkohol ersetzt. Der Kolben bleibt dann verschlossen mindestens 3 Stunden stehen, die Lösung wird hierauf vorsichtig dekantiert, der Rückstand zwei- bis dreimal mit je 5 ccm der alkoholischen Schwefellösung nachgewaschen und bei 100°  $\frac{1}{2}$  Stunde getrocknet. Der allein zurückbleibende wahre freie Schwefel kann entweder direkt als solcher oder nach der Oxydation wie unter Seite 65 angegeben als Bariumsulfat gewogen werden.

Zu  $\gamma$ ). Der unzersetzt gebliebene Anteil des Beschleunigers kann, soweit er basisch ist, gegebenenfalls aus dem in Azeton löslichen, höchst mannigfaltigen Gemisch durch verdünnte Säuren herausgelöst und manchmal durch weitere Reinigungsmethoden Bestimmung des Schmelzpunktes, Gruppenreaktion usw. annähernd erkannt werden. In der Mehrheit der Fälle gelingt die Isolierung der Beschleuniger nicht. Man bestimmt dann nach der Mikromethode Bang-Gerngroß-Schaefer<sup>81</sup> oder nach Kjeldahl oder Kahane den Stickstoff aus dem unverändert gebliebenen Beschleuniger und aus den erhalten gebliebenen Spaltprodukten desselben im Extrakt. Enthält der Extrakt mehr als 0,06 % Stickstoff, auf Reinkautschuk berechnet, so ist die Anwesenheit von stickstoffhaltigem Beschleuniger und/oder Schutzmittel mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

Zu  $\delta$ ),  $\epsilon$ ) und  $\zeta$ ). (Gruppe 1 A, Tabelle I und II.) Die zur Verarbeitung zugesetzten Stoffe werden am günstigsten durch Verseifung nach Spitz und H ö n i g erfaßt.

(R.) Der getrocknete Azetonextrakt wird mit 25 ccm  $\frac{1}{2}$  n-alkoholischer Kalilauge 2 Stunden am Rückflußkühler gekocht. Dann wird der Kolbeninhalt in einen Scheidetrichter übergeführt und in 3 bis 4 Anteilen mit dem gleichen Volumen heißen Wassers nachgespült. Nach dem Erkalten ist der Kolben des Extraktionsapparates mehrmals mit Petroleumäther auszuspülen und mit diesem die alkalische Lösung im Scheidetrichter auszuschütteln. Die Extrakte werden durch Abgießen in einem zweiten Scheidetrichter gesammelt und mehrfach mit Wasser bis zum Verschwinden der alkalischen Reaktion ausgewaschen. Die so erhaltene Lösung der unverseifbaren Anteile wird in einem gewogenen Gefäß eingedampft und der Rückstand nach dem Trocknen gewogen.

<sup>80</sup> Vgl. auch J. Ind. Engng. 12 (1920) S. 875

<sup>81</sup> Z. angew. Chem. 36 (1923) S. 1923

$$\frac{\text{Gewicht des Rückstandes}}{\text{Gewicht der Probe}^{82}} \cdot 100 = \text{Prozent}$$

der unverseifbaren Anteile des Azetonextraktes.

Die in dieser Weise abgeschiedenen unverseifbaren Stoffe werden mit heißem absolutem Alkohol erschöpfend ausgezogen. Die alkoholische Lösung wird vom unlöslichen Rückstand getrennt, auf 50 ccm eingengt und 1 Stunde in einem Eis-Kochsalzgemisch (1 kg Eis + 1 kg Salz) bei mindestens  $-5^{\circ}$  aufbewahrt. Die ausgeschiedenen festen Stoffe werden in einem Kältetrichter abfiltriert und mit 100 ccm auf die gleiche Temperatur gekühlten Alkohols von 90 Volumprozent nachgewaschen. Der auf dem Filter verbleibende Rückstand wird durch Übergießen mit warmem Chloroform in ein gewogenes Gefäß übergeführt, das Lösungsmittel abdestilliert und der Rückstand bei  $100^{\circ}$  getrocknet und gewogen.

Das

$$\frac{\text{Gewicht des Rückstandes} - \text{Gewicht des darin enthaltenen Schwefels}}{\text{Gewicht der Probe}} \cdot 100$$

wird als Prozente feste Paraffin-Kohlenwasserstoffe + Wachsalkohole angesprochen (eine Trennung ist durch Erhitzen mit konzentrierter Schwefelsäure auf  $150^{\circ}$  möglich). Das alkoholische Filtrat wird auf dem Wasserbad zur Trockne verdampft, der Rückstand mit 15 ccm Tetrachlorkohlenstoff aufgenommen, mit kleinen Tetrachlorkohlenstoffmengen (etwa 10 ccm) in einen Scheidetrichter übergeführt und mit konzentrierter Schwefelsäure in Anteilen von je etwa 15 ccm so lange ausgeschüttelt, bis keine Verfärbung der Säure mehr auftritt. Nach dem Ablassen der Säure gibt man zu der Tetrachlorkohlenstofflösung Wasser und 100 ccm Äther. Dann schüttelt man aus, läßt das Wasser ablaufen und wiederholt das Ausschütteln mit neuen Wassermengen so oft, bis das Waschwasser keine saure Reaktion mehr zeigt. Die Tetrachlorkohlenstofflösung wird in ein gewogenes Gefäß übergeführt und das Lösungsmittel auf dem Wasserbade abdestilliert. Der Rückstand wird bei  $100^{\circ}$  bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen. Er ist als Paraffin-Kohlenwasserstoffe + Schwefelanteil anzusprechen.

In den beiden Paraffinrückständen wird der Schwefel nach dem gleichen Verfahren bestimmt wie bei »freiem Schwefel« angegeben.

$$\frac{\text{Gewicht der Probe}}{\text{Gewicht des Rückstandes} - \text{Gewicht des darin enthaltenen Schwefels}} \cdot 100$$

werden als Prozente Paraffin-Kohlenwasserstoffe angesprochen. Die wäßrige alkalische Lösung, die bei der ersten Petrolätherausschüttelung zurückbleibt, wird im Scheidetrichter mit Schwefelsäure angesäuert und erschöpfend mit Äther ausgeschüttelt. Der Ätherextrakt

<sup>82</sup> Hier, wie bei allen späteren Berechnungsformeln der Richtlinien (R.) ist die Feuchtigkeit der Ausgangsprobe nicht von dem Probengewicht in Abzug gebracht. Die Menge der Feuchtigkeit ist allgemein so gering, daß sie vernachlässigt werden kann. Bei genauen Bestimmungen kann sie durch Abzug ihrer Menge von dem Einwaagegewicht in Ansatz gebracht werden.



wird mit Wasser ausgewaschen, in ein gewogenes Gefäß übergeführt, eingedampft, getrocknet und gewogen.

$$\frac{\text{Gewicht des Rückstandes}}{\text{Gewicht der Probe}} \cdot 100 = \text{Prozent verseifbarer Anteile.}$$

Ist aus einer starken Trübung des sauren wäßrigen Rückstandes nach der Ausschüttelung der verseifbaren Anteile zu vermuten, daß ursprünglich Cellulosederivate vorhanden waren, so wird der Rückstand mit Ammoniak neutralisiert und fast zur Trockne eingedampft. Man setzt 10 ccm Kupferoxydammoniaklösung zu und läßt 12 Stunden unter öfterem Umschütteln stehen. Aus diesem Filtrat wird nach Zusatz von Salzsäure mit verdünnter Schwefelsäure die Cellulose gefällt, abfiltriert, getrocknet und gewogen. — Die verseifbaren Anteile enthalten Harzsäuren, Fettsäuren usw. Die Harzsäuren werden nach der Methode von T w i t c h e l l bestimmt. Ist eine solche Trennung notwendig, so sind 2 bis 3 g des Gemisches von Fett- und Harzsäuren erforderlich, die durch eine besondere Extraktion einer entsprechenden Menge des Ausgangsmaterials darzustellen sind. Die Untersuchung wird ausgeführt nach der Konventionsmethode.<sup>83</sup>

**b) Extraktion mit Chloroform** <sup>84</sup> (Gruppe 2 B und C, Tabelle II)  
(R.) (Nur auszuführen bei vulkanisierten Kautschukproben.) Das mit Azeton extrahierte Material wird, ohne das anhaftende Azeton zu vertreiben, in einem zweiten gewogenen Kolben mit Chloroform 4 Stunden lang extrahiert. Das Lösungsmittel wird abdestilliert und der Rückstand 1 Stunde bei 100° getrocknet und gewogen.

$$\frac{\text{Gewicht des Extraktes}}{\text{Gewicht der Probe}} \cdot 100 = \text{Prozent Chloroformlösung.}$$

Da vulkanisierte Kautschuke stets geringe Mengen chloroformlösliche Anteile enthalten, ist es üblich, einen Chloroformextrakt bis zu 4%, auf Reinkautschuk berechnet, als normal zu bezeichnen. Zeigt der Chloroformextrakt Fluoreszenz oder ist er dunkler als strohgelb gefärbt, so waren in der Mischung bituminöse Substanzen vorhanden. Gegebenenfalls wird der Kolbeninhalt mit Normalbenzin (K a h l b a u m) aufgeköcht, 12 Stunden stehengelassen, die Lösung abfiltriert und Kolben sowie Filter dreimal mit kleinen Mengen Normalbenzin nachgewaschen. Der Filterrückstand wird mit warmem Benzol in den Kolben zurückgelöst, das Lösemittel verdampft, der Rückstand, der als Hartasphalt anzusprechen ist, getrocknet und gewogen.

$$\frac{\text{Gewicht des Rückstandes}}{\text{Gewicht der Probe}} \cdot 100 = \text{Prozent Hartasphalt.}$$

<sup>83</sup> Einheitsmeth. d. Verb. d. Seifenfabrikanten (1910) S. 58. Vgl. auch Berllunge 8. Aufl. Bd. IV S. 570

<sup>84</sup> Die Extraktion mit Chloroform wird nur vereinzelt ausgeführt, wenn sich bei der Extraktion mit Aceton die Fluoreszenzerscheinungen oder die Farbtonungen der Asphalte (Bitumen) oder Teere zeigen oder dann, wenn in Lieferungsbedingungen, wie z. B. für gummiisierte Kabel, eine besondere Vorschrift dafür besteht

Überschreitet die Menge des Chloroformextraktes die oben angegebene Grenze, ohne durch seine Farbe auf die Anwesenheit von bituminösen Substanzen hinzuweisen, so sind erhebliche Mengen von Kautschukbestandteilen in Lösung gegangen. Dies deutet darauf hin, daß das Material entweder schlecht vulkanisiert war, Regenerate enthielt oder durch mechanische Bearbeitung stark depolymerisiert wurde. Nachweis des Kautschuks qualitativ mit Chlorschwefel. Sind Asphalte in unvulkanisierten Mischungen zu bestimmen, so ist das Material zunächst einer Vulkanisation zu unterwerfen. In vulkanisierten Mischungen ist nachzuvulkanisieren und mit Xylol zu extrahieren.<sup>84a</sup>

### 13. Extraktion mit $\frac{1}{2}$ n-alkoholischer Kalilauge zur Faktisbestimmung

(Gruppe 2 C, Tabelle I; Gruppe D, 3 E, Tabelle II.)

#### a) Normalmethode

(R. und nach H e n r i q u e s.) Das mit Azeton und eventuell mit Chloroform extrahierte Kautschukmaterial wird bei 50 bis 60° getrocknet und im Extraktionskolben mit 50 ccm Benzol übergossen, und 1 Stunde hindurch am Rückflußkühler gekocht. Nach mindestens 12stündigem Stehen fügt man zu der erwärmten Quellung 50 ccm heißer  $\frac{1}{2}$  n-alkoholischer Kalilauge und erhitzt 6 Stunden am Rückflußkühler zum Sieden. Die Lösung wird durch Filtration vom Kautschuk getrennt, letzterer durch Verreiben und starkes Auskneten im Porzellanmörser zunächst mit heißem Alkohol und danach mit reichlichen Mengen kochendem Wasser erschöpfend ausgewaschen und das Filtrat mit den Waschflüssigkeiten nahezu zur Trockne verdampft. Der Verdampfungsrückstand wird mit Wasser (etwa 100 ccm) aufgenommen und nach dem Ansäuern mit verdünnter Salzsäure im Scheidetrichter mit Äther ausgeschüttelt, bis derselbe farblos bleibt. Der Ätherauszug wird nach gründlichem Waschen mit Wasser vorsichtig eingedampft und nach dem Trocknen bei 100° zur Wägung gebracht.

$\frac{\text{Gewicht der Probe}}{\text{Gewicht des Rückstandes}} \cdot 100 = \text{Proz. alkohol. Kalilaugenextrakt.}$

Die Bestimmung des im Laugenextrakt enthaltenen Schwefels erfolgt nach demselben Verfahren wie die Bestimmung des Schwefels im Azetonextrakt.

$\frac{\text{Gewicht des Bariumsulfats}}{\text{Gewicht der Probe}} \cdot 0,1374 \cdot 100 = \text{Proz. Schwefel im Laugenextrakt.}$

In einem anderen Teil der Lauge wird nach einer der Mikro- oder Makro-Kjeldahlmethoden (vgl. Seite 5) der Stickstoff bestimmt. Aus dem gefundenen Stickstoff wird durch Multiplikation mit 6,25 der angenäherte Eiweißgehalt berechnet. Zieht man die so ermittelte Eiweißmenge von der Gesamtmenge des alkoholischen Laugenextraktes ab, so kann man unter Berücksichtigung der im Azetonextrakt gefundenen Fettsäuren annähernd auf den Gehalt an oxydierten oder geschwefelten bzw. chlorgeschwefelten Ölen schließen.

<sup>84a</sup> van Heurn und Begheyn, Kautschuk 8 (1932) S. 90



Diese Arbeitsweise kann zu Irrtümern führen, weil der Ätherextrakt nicht mehr die Gesamtmenge der Öle und Faktisse umfaßt. Es wird deshalb nach der älteren Methode überwiegend der Extraktionsrückstand getrocknet und gewogen und aus der Gewichts Differenz die Faktismenge berechnet. Auch diese Arbeitsweise ist nicht ganz genau, weil Mineralbestandteile, besonders Zinkoxyd, mit in Lösung gehen. Man vermeidet einige der Unsicherheiten, besonders bei dem Vorhandensein kleiner Faktismengen, wenn man nach 13b arbeitet.

Aldehydharze (Pheno- und Aminoplaste) und andere durch Alkali teilweise aufspaltbare Natur- und Kunstharze lassen sich nicht zuverlässig quantitativ bestimmen. (Phenolgeruch, Brom- und Eisenreaktion sowie andere typische Farbreaktionen weisen auf Phenolharze, aber zum Teil auch auf Alterungsschutzstoffe hin. Hier ist Vorsicht in der Schlußfolgerung geboten.)

### b) Modifikation der Faktisbestimmung

Bei den an mineralischen Füllstoffen reichen und faktisarmen Kautschukwaren birgt der vorher geschilderte Analysengang einige Unsicherheiten in sich. Die Gesamtabnahme durch Alkalibehandlung ist eine verhältnismäßig geringe, so daß kleine Versuchsfehler übermäßig ins Gewicht fallen. Die Differenz der Bestimmung der Mineralbestandteile in der ursprünglichen und in der extrahierten Substanz ergibt nicht immer ganz zuverlässige Zahlen. Um diese Fehlerquelle zu umgehen, empfiehlt es sich, besonders bei an Mineralbestandteilen reichen Waren, folgende Vorbehandlung einzuschalten:

Es werden, wie unter Nr. 10, 5 g der sorglich zerkleinerten Probe mit verdünnter Salzsäure ausgekocht, gewaschen und gewogen. Die so vorbehandelte Probe wird nun wie bei a) mit Benzol und alkoholischem Kali behandelt usw. Die direkte Differenzbestimmung zwischen der mit Säure behandelten und danach mit Alkali gelaugten Probe entspricht dann direkt dem Gehalt an Faktis.

### c) Stoffe, die nur teilweise in Azeton löslich und nur teilweise durch alkoholisches Kali verseifbar sind

Für Hartgummiwaren, Lackierungen und in seltenen Fällen bei Spezialgummiwaren, kommen noch eine Anzahl von Hartharzen zur Verwendung, die in Azeton nicht oder nur teilweise löslich sind. Für die Lösung dieser verwendet Weber<sup>85</sup> Epichlorhydrin.

Es wird, um diese Substanzen, da wo sie verwendet werden, von Kautschuk und den mineralischen Bestandteilen zu trennen, nach der Extraktion mit Azeton mit Epichlorhydrin extrahiert. Obwohl derartige Harze jetzt nur selten vorkommen, so ist doch besonders in Spezial-Hartgummimischungen noch mit denselben zu rechnen. Häufiger sind jetzt Zusätze von Kunstharzen, und zwar besonders von den sogenannten Bakeliten (Phenol-Formaldehydharze und Celluloseestern. Zu berücksichtigen ist nachstehende Löslichkeitstabelle, zum Teil nach Weber.

<sup>85</sup> The Chemistry of India Rubber, London; Griffin & Co. (1902)

	in Azeton	in Epichlorhydrin
Kopal . . . . .	teilweise löslich	löslich
Dammar . . . . .	teilweise löslich	löslich
Mastix . . . . .	teilweise löslich	löslich
Sandarak . . . . .	löslich	teilweise löslich
Schellack . . . . .	unlöslich	löslich
Bakelit . . . . .	teilweise löslich	teilweise löslich

(Bakelit gibt im Azetonextrakt und im Extrakt mit alkoholischem Kali meist noch eine deutliche Phenolreaktion durch Geruch, Brom, Eisen und nach Graefe durch Kupplung mit Diazobenzol, die Aminoplaste, die jetzt auch vereinzelt vorkommen, haben reichlich Stickstoff und noch eine geringe Formaldehydreaktion.

#### 14. Direkte Bestimmung der Mineralbestandteile und Füllstoffe, mit Ausnahme der in Azeton (vgl. 12) löslichen, und des Faktis

a) **Methode Frank-Marckwald.**<sup>86</sup> **Arbeitsweise:** Vom ungelösten Rückstand aus dem Azetonextrakt wird je höchstens 1 g mit 20 bis 30 ccm Xylol in weiten, starkwandigen Reagensgläsern mit eingeschliffenem, unten offenen Glasstopfen, die keinen massiven Griff haben (Abb. 25) übergossen. Diese werden mit einem dünnen, weichen Draht verschlossen und dann in einem Gestell gleichzeitig mehrere Proben in einem Autoklaven eingesetzt. Der Autoklav ist vorher mit einer genügenden Menge des gleichen Xylols als Heizflüssigkeit beschickt, damit jede Überhitzung und Druckungleichheit vermieden wird. Sicher arbeitet man so, daß der mit den Einsätzen versehene Autoklav etwa zu einem Drittel mit Flüssigkeit gefüllt ist. Dann wird geschlossen und nun langsam in etwa 1 Stunde auf 15 Atm. aufgeheizt. Der Druck wird 3 bis 4 Stunden hindurch auf 15 bis 18 Atm. gleichmäßig erhalten. 3 Stunden Reaktionsdauer genügen im allgemeinen. Sicherer und auf keinen Fall nachteilig ist es, den Druck 4 Stunden aufrecht zu erhalten. Dann läßt man abkühlen und öffnet.



Abb. 25.

Die Lösungen werden etwa zur Hälfte und bis zum erforderlichen Gleichgewicht der Gläschen mit Xylol oder Äther aufgefüllt und in einer hierfür konstruierten Zentrifuge<sup>87</sup> nach Entfernung der Deckel geschleudert. Die Zentrifugierung ist im allgemeinen nach etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde beendet. In einzelnen Fällen, besonders bei Anwesenheit von Zinkverbindungen, ist etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde erforderlich. Die Lösung läßt sich nun klar von dem Rückstand (Mineralbestandteile, Ruß, Koks usw.) abgießen. Dann wird der Rückstand mittels eines Glasstabes mit Äther aufgerührt und das Gefäß mit Äther etwa zur Hälfte aufgefüllt und wieder geschleudert. Man gießt ab und wiederholt die Ätherbehandlung bis die Lösung farblos bleibt. Den Rückstand befreit man vom Äther durch Eintauchen der Röhrchen in heißes Wasser und

<sup>86</sup> Gummi-Ztg. 22 (1908) S. 134

<sup>87</sup> Collatz & Co., Berlin N, Kesselstraße 9, Bauart Frank-Marckwald.



trocknet schließlich im Trockenkasten bei 100° C zur Gewichtskonstanz. Wenn in vereinzelt Fällen mineralische Füllstoffe in kolloidaler Lösung bleiben, so setzt man einige Tropfen Alkohol der xylolischen Suspension hinzu und zentrifugiert dann. Die bei dieser Hilfsfällung mitfallenden depolymerisierten Kautschukteilchen werden durch die nachfolgende Behandlung mit Äther vollkommen wieder gelöst. (Für Waren, die Zinnober enthalten, ist die Anwendung dieser Arbeitsweise nicht empfehlenswert, vgl. Seite 81.) Der Rückstand ist meist ein trockenes, staubiges Pulver von grauer, schwarzer oder mehr oder weniger weißer Farbe. Er enthält die mineralischen Bestandteile und Farbstoffe in der Hauptsache unverändert und die in Lösungsmitteln unlöslichen organischen Füll- und Hilfsstoffe und einzelne Farblacke, ferner den Ruß, die Koksrückstände aus Pech usw. Die Differenz zwischen der Einwaage und dem Rückstand wird als Kautschuksubstanz gerechnet. Nach der Wägung wird am besten eine ganze Probe zur Gesamtschwefelbestimmung benutzt und eine zweite zur quantitativen Bestimmung der anorganischen Substanzen, wie Karbonate, Sulfide (Seite 62 ff.), und der ungelösten organischen (verbrennlichen) Substanzen verwandt. Da die Einzelheiten der weiteren Arbeitsausführung sich dem bekannten Analysengang anschließen, sei nur kurz der Arbeitsweg skizziert:

Die trockene, gewogene Substanz wird nach dem Ansetzen mit Alkohol mit verdünnter und dann mit konzentrierter Salzsäure in der Wärme behandelt, um die löslichen Karbonate, Oxyde und Sulfide unter eventueller Bestimmung der Kohlensäure und des sulfidischen Schwefels zu entfernen; dann wird ausgewaschen, getrocknet und wieder gewogen. (Differenz: In Säure lösliche Anteile, die der Art und Menge nach im Filtrat bestimmt werden können.) Nun wird verascht. Der Glühverlust gibt die vorhandenen verbrennbaren Substanzen an. Falls besonders Ruß oder Graphit bestimmt werden sollen, wird der Rückstand zweimal mit rauchender Salpetersäure auf dem Wasserbad eingedampft, ausgewaschen, gewogen und nach dem nun folgenden Verglühen aus der Differenz bestimmt. Die bleibenden Mineralbestandteile werden nun in bekannter Weise im einzelnen quantitativ bestimmt. Die Interpretation der so erhaltenen analytischen Daten im Rückstande ist bei Kenntnis der Materie relativ einfach.

b) **Hinrichsen-Manasse**<sup>88</sup> sind dem unter a) und weiter unten zitierten Wege gefolgt. Sie haben, um die Autoklavenbehandlung zu umgehen, eine Petrolfraktion von 230 bis 260° C zur Lösung verwendet, die beim Sieden der Temperatur des auf 15 Atm. erhitzten Xylols in der Wärmewirkung entspricht. Weiter schlug **Hinrichsen** vor, in einzelnen Fällen Anisol, Siedepunkt 154°, als Lösungsmittel zu verwenden. Diesem Vorschlag kann in vielen Fällen gefolgt werden.

c) **Frank-Marckwald**<sup>89</sup> schlugen vor, Paraffinöl vom spezifischen Gewicht 0,86 zu verwenden. Die in den Richtlinien für die Prüfung von Kautschuk<sup>90</sup> übernommene Arbeitsweise geht nach diesem Vorschlag vor:

<sup>88</sup> Chem.-Ztg. 33 (1909) S. 735

<sup>89</sup> Chem.-Ztg. 33 (1909) S. 812

d) (R.) **Aufschluß mit Paraffinöl.** Zur Ausführung der Bestimmung wird die 1 g der, der ursprünglichen Probe entsprechenden Menge des mit Azeton und Chloroform ausgezogenen und bei 50 bis 60° getrockneten Materials in einem mit Luftkühler versehenen und gewogenen Erlenmeyerkölbchen von 200 ccm Inhalt mit 25 ccm »Paraffin flüssig D. A. B. 5«<sup>91</sup> übergossen und so lange auf Temperaturen unterhalb 300° erhitzt, bis die Kautschuksubstanz gelöst ist. Der Kolben wird nach dem Abkühlen mit Benzol fast gefüllt und 24 Stunden lang zum Absetzen des Niederschlages stehen gelassen. Die überstehende Flüssigkeit wird alsdann auf einen mit doppelten Filterscheibchen und langfaserigem Asbest versehenen, gewogenen Goochtiegel (besser auf Tiegel mit gefritteter Glasmasse, Schott und Gen., G. 3) abdekantiert und abgesaugt; die ablaufende Flüssigkeit wird so oft zurückgegossen, bis sie vollkommen klar ist. Der Inhalt des Kölbchens und der Rückstand auf dem Filtertiegel werden wiederholt mit heißem Benzin ausgewaschen, bis das Filtrat wasserhell abläuft; man wäscht dann noch mehrmals mit Alkohol und Äther und trocknet bei 100° Filtertiegel und Kölbchen im Trockenschrank. Wenn eine Zentrifuge zur Verfügung steht, ist an Stelle der Filtration mehrmaliges Dekantieren im Kölbchen unter Zuhilfenahme der Zentrifuge statthaft. Das Kölbchen wird dann nach Austreiben des Restes der Waschflüssigkeiten durch Trocknen bei 100° bis zum konstanten Gewicht gewogen.

Bei der vorstehend beschriebenen Arbeitsweise werden außer den mineralischen Zusätzen auch organische, in »Paraffin flüssig« unlösliche Füllstoffe, wie Ruß, Cellulose (stark inkohlt) usw., mitbestimmt.

Erfolgt unter den oben angegebenen Arbeitsbedingungen die Lösung des Kautschukmaterials in »Paraffin flüssig« nicht innerhalb 8 Stunden, was die Anwesenheit bestimmter Regenerate anzeigt, so ist höher und länger zu erhitzen, bis sich alles gelöst hat.

Bei Goldschwefel enthaltenden Mischungen verwendet man als Lösungsmittel Anisöl. Da die Filtration bei Anwesenheit von Goldschwefel erschwert ist, muß die Abscheidung durch Zentrifugieren erfolgen.

Gewicht des unlöslichen Rückstandes.  $100 = \frac{\text{anorganische Füllstoffe, evtl. vorhandene Faserstoffe, gehärtete Bakelite und Kohle}}{\text{Gewicht der Probe}}$

Die Anwesenheit von Faserstoffen ist mikroskopisch zu ermitteln. Es ist anzugeben, nach welchem Verfahren der Aufschluß erfolgt ist.

### 15. Weitere indirekte Verfahren zur Ermittlung des Kautschukgehaltes<sup>92</sup>

Bei Mischungen, die frei sind von Pech, Cellulose, Zinnober, Ruß und anderen in Salzsäure, Chloroform usw. unlöslichen verbrennlichen

<sup>90</sup> D.V.M.-Ausschuß, 13. Dezember 1925

<sup>91</sup> Mease & Hanna, Ind. Engng. Chem. 17 (1925) S. 161, verwenden sehr sachlich ein besonders leichtes Transformatoröl.

<sup>92</sup> U. S. Joint Rubber Insulation Committee, Ind. Engng. Chem. 9 (1917) S. 310



Stoffen, kann die folgende Methode angewendet werden. Dieselbe ist aus dem Memmler<sup>93</sup> übernommen.

Das mit Azeton, Chloroform und alkoholischer Kalilauge extrahierte Kautschukmaterial wird in 125 ccm Wasser gegeben und mit 25 ccm konzentrierter Salzsäure versetzt. Dann erhitzt man eine Stunde auf 97 bis 100°. Die überstehende Flüssigkeit dekantiert man nach dieser Zeit unter Saugen durch einen mit einem gehärteten Filter versehenen Buchnertrichter. Der Rückstand wird mit 25 ccm heißem Wasser gewaschen und die Lösung ebenfalls dekantiert. Die Behandlung mit Wasser und Salzsäure wird dreimal durchgeführt. In diesem Zustande soll der Kautschuk weiß und praktisch frei von schwarzen Flecken sein. Ist dies nicht der Fall, so wird mit der Säurebehandlung fortgefahren, bis die schwarzen Stellen verschwunden sind. Zum Rückstand gibt man 150 ccm heißes Wasser und läßt eine halbe Stunde auf dem Dampfbad stehen. Dann wird wieder durch das Filter dekantiert. Alle auf das Filter gelangten Kautschukstückchen werden nun in den Kolben zurückgebracht, und das Waschen mit Wasser wird fortgesetzt, bis das Filtrat frei von Chloriden ist. Dann wird aller Kautschuk auf das Filter übergeführt und durch Saugen soweit als zugänglich getrocknet. Hierauf wird er mit 50 ccm 95proz. Alkohol unter Saugen gewaschen und eine Stunde im Wäggläschen bei 95 bis 100° getrocknet. Man läßt im Vakuumexsikkator unter vermindertem Druck erkalten und wägt. Dieses Verfahren wird so oft wiederholt, bis der Trockenrückstand gewichtskonstant bleibt oder das Gewicht zuzunehmen beginnt. Etwa 0,5 g des Rückstandes gibt man dann in einen gewogenen Porzellantiegel und verascht. In einem anderen Teil des Kautschukmaterials wird der Schwefel in der unter Gesamtschwefel angegebenen Weise bestimmt. Die für Asche und Schwefel ermittelten Werte werden dann auf das Gewicht der mit Salzsäure extrahierten Probe umgerechnet und in Abzug gebracht. Die Differenz ergibt den Kautschuk-Kohlenwasserstoff, der in Prozenten des Ausgangsmaterials angegeben wird. Die Ergebnisse dieser Arbeitsweise sind nur bedingt zuverlässig.

Über die Unzulänglichkeit der direkten chemischen Bestimmungsweisen ist bereits gesprochen.

## 16. Besondere Bestimmungsmethoden

### a) Zur quantitativen Bestimmung der Mineralbestandteile allgemein

Die Bestimmung der Mineralbestandteile der Art und Menge nach gelingt in sehr vollkommener Weise in dem Stickstoff- oder Schwefelaufschluß nach Kahane<sup>94</sup> im üblichen Gang der quantitativen Analyse. Es ist dabei die Prüfung der Lösung und des Ungelösten erforderlich. Dabei gelingt die Bestimmung des Quecksilbers zuverlässig im Stickstoffaufschluß mit Schwefelsäure, unter Zusatz von Perchlorsäure. Die Be-

<sup>93</sup> Handb. loc. cit. S. 433

<sup>94</sup> Vgl. Frank-Klatt, S. 65

stimmung des Selens gelingt sowohl im Schwefelsäure- wie im Salpetersäure-Perchlorsäureaufschluß. Diese Arbeitsweise ist viel einfacher als die nach R o t h e (Richtlinien S. 14, 1).

#### b) Direkte Bestimmung von Zinnober und Goldschwefel in Kautschukmischungen <sup>93</sup>

Zur Bestimmung des Quecksilbers und Antimons in Kautschukwaren verwendet man den zur Schwefelbestimmung gemachten Aufschluß nach R o t h e oder die Arbeitsweise F r a n k - B i r k n e r : 0,5 g der Hart- oder Weichkautschukprobe werden gut zerkleinert, mit 10 g Ammonpersulfat in einen Rundkolben von 100 bis 150 ccm Inhalt gebracht und mit 100 ccm rauchender Salpetersäure (spezifisches Gewicht 1,5) übergossen. Sogleich beginnt in der Kälte die Einwirkung der Salpetersäure, die dann die Reaktion des Persulfates mit einleitet. Nach kurzer Zeit, meist nach wenigen Minuten, ist die Hauptreaktion vorüber; sie muß nun durch mäßiges Erhitzen auf dem Sandbade weitergeführt werden, bis die lebhaft Gasentwicklung abgeschlossen ist. Dies ist nach 15 bis 20 Minuten sicher der Fall. Es zeigt sich aber häufig, daß noch rote Mineralteilchen in der Flüssigkeit treiben, und es kommt auch, wenn auch nur selten, vor, daß noch organische Substanz kohleartig vorhanden ist. Um in solchen Fällen die Reaktion durchzuführen, ist es erforderlich, im Verlauf von weiteren 10 bis 15 Minuten, noch 2 bis 3 g Ammonpersulfat in Form der üblichen Kriställchen einzeln in das Reaktionsgemisch einzutragen, wobei die Reaktion dann nicht zu lebhaft verläuft. Nachdem hierbei höchstens 3 g verbraucht worden sind, ist sicher die Oxydation vollendet und meist auch die Salpetersäure bereits abgeraucht. Andernfalls erhitzt man zu diesem Zwecke noch kurze Zeit, bis keine roten Dämpfe mehr entweichen und die Schmelze wasserklar ist. Zu starkes und langes Erhitzen ist entschieden zu vermeiden, da es zur Bildung unlöslicher Verbindungen führen kann. Die ganze Arbeit ist in längstens 1 Stunde, auch bei den beständigsten Gummimischungen, vollendet. Die Masse erstarrt zu einem weißen Kuchen, der sich leicht in warmem Wasser, eventuell unter Zusatz von etwas Salzsäure, auflöst. Am besten wird nicht das vollkommene Erstarren abgewartet, sondern es werden, sobald die ersten Kriställchen anschießen, also die Abkühlung weit genug gediehen ist, 10 ccm Salzsäure (spezifisches Gewicht 1,124) und nach der Lösung warmes Wasser zugegeben. In jedem Falle löst sich bei richtiger Arbeit alles bis auf die in Säuren unlöslichen Mineralbestandteile der Mischung. Von diesen wird abfiltriert, dann reichlich verdünnt und in üblicher Weise die Bestimmung als Sulfid bzw. Oxyd zu Ende geführt. Für technische Zwecke genügt es meist, Quecksilber und Antimon zusammen als Sulfide zu fällen, quantitativ von Schwefel zu befreien und zusammen zu wiegen und dann das Antimon durch Polysulfid herauszulösen und das Quecksilbersulfid, nachdem wieder der Schwefel herausgezogen wurde, zurückzuwiegen. (Für genaue Bestimmungen ist dies natürlich nicht angängig. (Vgl. auch 16a.)

<sup>93</sup> Frank-Birkner, Gummi-Ztg. 24 (1910) S. 554



## c) Zur Cellulosebestimmung (R 15)

(R.) 0,5 g der Probe werden mit 25 ccm frisch destilliertem Kresol (Siedepunkt 198°) 4 Stunden hindurch bei 160° behandelt. Nach dem Abkühlen setzt man langsam und unter ständigem Umschwenken 200 ccm Petroläther zu und läßt absitzen. Man filtriert durch einen Filtertiegel und wäscht dreimal mit Petroläther nach. Darauf wird noch sorgfältig mit siedendem Benzol und dann mit Äther ausgewaschen. Der Kolbeninhalt wird mit heißer 10proz. Salzsäure behandelt, in den Tiegel übergeführt und hier noch mindestens zehnmal mit 10proz. Salzsäure ausgelaugt. Der Tiegelinhalt wird mit kochendem Wasser chlorfrei gewaschen und hierauf mit kleinen Mengen Azeton behandelt, bis das Filtrat farblos ist. Die gleiche Behandlung erfolgt mit einer Mischung aus gleichen Teilen Azeton und Schwefelkohlenstoff, dann wäscht man mit Alkohol und trocknet 1½ Stunden bei 105°. Der gesamte Tiegelinhalt wird mit Hilfe einer Pinzette in ein gewogenes Wägegläschen übergeführt, wobei man die unteren Asbestschichten zum Auswischen des Tiegels benutzt. Dann wird nochmals 10 Minuten getrocknet und nach dem Abkühlen gewogen. Gewicht des Inhaltes = A. Nach dieser Vorbereitung kann die Bestimmung der Cellulose nach zwei Methoden erfolgen.

1. **Kupferoxydammoniummethode.** Der Inhalt des Wägegläschens wird in einem Kolben mit 25 ccm Kupferoxydammonium  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  versetzt. Nach öfterem Schütteln und 12stündigem Stehen wird durch einen gewogenen Goochtiegel abfiltriert, der Tiegelinhalt zuerst mit konzentrierter dann mit verdünnter  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ -Lösung ausgewaschen und mit Ammoniakwasser so lange behandelt, bis das Filtrat farblos abläuft. Der Tiegel wird bei 105° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und nach dem Abkühlen gewogen.

Gewicht des leeren Tiegels + A — Gewicht des Tiegels nach dem Lösen der Cellulose mit  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  = Cellulose.

Zur Kontrolle kann man die Cellulose direkt ermitteln, indem man diese aus dem Filtrat nach Zusatz von Natriumchlorid und Zugabe von verdünnter Schwefelsäure bis zur schwachsauren Reaktion fällt.

Die gefällte Cellulose wird in einem gewogenen Goochtiegel schwach abgesaugt, mit heißem Wasser bis zum Verschwinden der Chloridreaktion ausgewaschen, bei 110° getrocknet und gewogen. Die Methode ist unzuverlässig.

2. **Acetylierungsmethode.** Der Inhalt des Wägegläschens wird in einem 50-ccm-Becherglas mit 15 ccm Essigsäureanhydrid und 0,5 ccm konzentrierter Schwefelsäure übergossen und mindestens 1 Stunde auf dem Dampfbade digeriert. Nach dem vollständigen Abkühlen setzt man 25 ccm 90proz. Essigsäure zu und filtriert vorsichtig unter ganz schwachem Saugen durch einen gewogenen Goochtiegel (ohne Papierfilter). Nun wäscht man mit heißer 90proz. Essigsäure, bis das Filtrat farblos ist, und dann noch etwa fünfmal mit Azeton.

Es ist darauf zu achten, daß der gesamte Inhalt des Becherglases, in dem die Acetylierung vorgenommen wurde, in den Tiegel übergeführt

wird. Der Tiegel wird dann außen sorgfältig gereinigt, 2 Stunden bei 150° getrocknet und nach dem Abkühlen gewogen.

Gewicht des Tiegels + Substanz — Gewicht des Tiegels nach der Acetylierung = Cellulose.

Die angewendete Arbeitsweise ist im Bericht anzugeben.

**d) Leimbestimmung (R. 13)** (vgl. auch Seite 61 wasserlösliche Substanz).

a) Qualitative Feststellung. Man erhitzt 5 g des zerkleinerten Materials auf dem Dampfbad mit soviel Wasser, daß die Probe bedeckt ist.

Nach dem Abkühlen filtriert man und gießt das Filtrat langsam in eine 1proz. Gerbsäurelösung. Entsteht eine dauernde Trübung, so ist Leim vorhanden.

b) Quantitative Feststellung. Die Bestimmung kann nur angenähert erfolgen, indem der Gesamtstickstoff nach Seite 61 bestimmt wird. Da gewaschene Kautschuke meist 1,5 bis 2,5% Eiweiß enthalten, so kann der darüber hinaus auftretende Stickstoffbetrag Leim sein, vorausgesetzt, daß keine stickstoffhaltigen Beschleuniger oder Alterungsschutzmittel zugegen sind. Man erhält unter besonderen Umständen richtige Werte, wenn man von dem aus dem Gesamtstickstoff errechneten Eiweiß im Mittel 2% abzieht und den Rest als Leim anspricht.

## 17. Direkte Bestimmung von Rohkautschuk in Mischungen, Halb- und Ganzfabrikaten, It-Platten u. dgl.

Die zu untersuchende Probe wird zerkleinert und mit Xylol übergossen. Die Mischung wird unter wiederholtem Umrühren mit einem Glasstabe 24 Stunden quellen gelassen, dann wird allmählich verdünnt, so daß eine zentrifugierbare Mischung erhalten wird. Falls die Trennung vom Ungelösten Schwierigkeiten bereitet, kann man vorsichtig:

- a) entweder etwas alkoholfreien Äther zur Verdünnung verwenden, oder
- b) das entsprechend verdünnte Xylol 2 Stunden im Wasserbade oder im Xylolbade, bei Temperaturen, die 135° nicht übersteigen, erwärmen.

Die weitere Arbeitsausführung entspricht einschließlich des Zentrifugierens der unter Nr. 14, Seite 77 angegebenen. Der nicht gelöste Rückstand enthält die Stoffe, die nicht Rohkautschuk, Mineralöl usw. sind. Die Trennung der in Lösung gegangenen Anteile vom Rohkautschuk erfolgt nach den angegebenen Methoden durch vorsichtiges Abdestillieren, Verseifen und Abtrennen des Kautschuks von den nicht durch Schwefelsäure zersetzbaren oder in Wasser löslich zu machenden Begleitern (Teer, Paraffin, Mineralöl usw.).

## Die Ausführung der Gesamtanalyse

### A. Allgemeines im Analysen-Gang

Die in den vorhergehenden Abteilungen angegebenen Eigenschaften der in den Kautschukwaren enthaltenen Stoffgruppen und Stoffen ermöglichen es nun an Hand der Tabellen I und II, S. 58, 59 die analytische



Ausmittlung der Zusammensetzung aller Fachgegenstände durchzuführen.

Man zerlegt in Gruppen nach dem Löseverhalten und danach die einzelnen Gruppen in die chemischen Individuen nach den allgemein angewandten und den besonderen, vorher angegebenen Methoden. Es muß eine gute Kenntnis der anorganischen Analyse, der organischen Gruppenkennzeichen und allgemeine Fachkenntnis vorausgesetzt werden. Es muß ferner überall dort, wo es sich um Konventionsmethoden handelt, darauf gedrungen werden, daß großzügige oder kleinliche Abweichungen von der festgelegten Methodik absolut abwegig sind. Für die Überwachung des Werkbetriebes und seiner Fabrikate sollte man leicht ausführbare Kurzmethoden einführen, und es wird der Entwicklung der einzelnen Betriebe nicht abträglich sein, wenn man bewährte Beobachtungen zur offenen Diskussion stellt.

Auf einige Einzelheiten in der Gruppenzerlegung mag noch eingegangen werden.

Es ist da die Gruppe A in beiden Tabellen. Sie zählt die Stoffe auf, die in Azeton löslich sind und bietet so eigentlich noch einmal eine besondere Materie der analytischen Bearbeitung. Auf diese Gruppe muß zur weiteren Ausmittlung die wissenschaftliche Technik der Analyse der Kohlenwasserstoffe und fetten Öle, der Harzstoffe und der Gruppen und Individualreaktionen der organischen Chemie angewendet werden. Es muß daher auf die einschlägige Sonderliteratur verwiesen werden, die heute in keiner Gummiwarenfabrik mehr fehlen darf.

Noch das Notwendigste zur Zerlegung der Gruppen A, C, E aus den Tabellen I und II. Die Stoffe der Gruppen werden nach chemischen Gesichtspunkten zerlegt in:

- a) Verseifbares und Unverseifbares nach Spitz, Höning<sup>96</sup> und Holde und Berl-Lunge.<sup>97</sup>

Der Extrakt wird in 15 bis 20 ccm thiophenfreiem Benzol 10 Minuten auf dem Wasserbade erwärmt und dann mit 20 bis 25 ccm  $\frac{1}{2}$  n alkoholischer Kalilauge übergossen. Es wird nun mindestens  $\frac{1}{2}$ , besser 1 Stunde im lebhaften Sieden am Rückflußkühler gehalten. Danach wird die Mischung vorsichtig auf dem Wasserbade abgedampft oder aus dem Wasserbade abdestilliert, in 50proz. Alkohol aufgenommen und mit Petroläther ausgeschüttelt. Alles Verseifbare und in der Alkoholkonzentration Lösliche bleibt in der alkoholischen Lösung. Die zu Seifen (Salzen) gebundenen Säuren, Phenole usw. werden aus einem Teil der Laugen durch Ansäuern abgeschieden, durch selektiv wirkende Lösungsmittel zerlegt und durch Salze, Bromide, Säure und Jodzahlen, Farbreaktionen (Harz) usw. gekennzeichnet. Mitgelöster Schwefel wird besonders bestimmt. Verseifbare Alterungsschutzmittel und Beschleuniger werden qualitativ durch Farbreaktionen ermittelt (Naphthole, Thymol und verschiedene andere). Hier setzt nun die ganze Reihe der weiteren Trennungen in Wachse, Wachsalkohole, die schwer, häufig gar nicht, in den kleinen

<sup>96</sup> Kohlenwasserstoffe und Öle, 7. Aufl. S. 114

<sup>97</sup> Chem.-techn. Untersuchungsmeth., 8. Aufl. Bd. IV S. 698

Mengen erkennbaren hydrierten Alkohole, Ester und Säuren ein. Es kann hier auf diese Sondergebiete durchaus nicht eingegangen werden.

Leichter trennbar, wenigstens in Gruppen, sind die Stoffe, die nicht verseifbar sind und in Petroläther (Benzin) gelöst werden. Hier handelt es sich zunächst um die Gruppen der Paraffin-Kohlenwasserstoffe (Paraffin, Vaseline, Mineralöle, Asphaltanteile usw.), aber dann auch um die Teerstoffe, um zersetzten Kautschuk und um Wachsalkohole, Harze u.dgl. Die Paraffin-Kohlenstoffe lassen sich annähernd qualitativ von allen sonst genannten Stoffen trennen durch ihre relative Beständigkeit gegen Schwefelsäure bei Temperaturen bis 160 und sogar 180° C (vgl. auch oben Seite 83). Es wird demnach die benzinische Lösung quantitativ im Schälchen abgedampft. Der Rückstand wird im Sandbade bei 160 bis 180° mit einigen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure unter Umrühren erhitzt bis die Säure verbraucht ist. Danach wird mit einer Mischung aus aktiver Kohle mit Erde oder Ätzkalk gemischt und mit Petroläther extrahiert. Die unzersetzte Paraffinsubstanz geht in Lösung und wird meist schon ohne weitere Prüfung durch die allgemeinen Erkennungsmittel nach dem Vertreiben des Lösungsmittels gekennzeichnet. (Vgl. auch Kabelprüfung Seite 95.) Läßt das Benzingelöste die Annahme zu, daß nur zersetzter Kautschuk neben Paraffin- usw. Substanz vorhanden ist, so genügt ein Auskochen mit reinem Alkohol, um die Kautschuksubstanz von der Paraffingruppe zu trennen. Zu den anderen Gruppen und Individualreagenzien kann nichts Spezielles mehr vorgetragen werden in dem allgemeinen Rahmen. Der Chemiker in seiner Werkstatt muß eben sein Rüstzeug kennen und anwenden.

## B. Die Interpretation der Analysenwerte nach den Tabellen und Individualwerten

Die gefundenen Werte werden meist ohne besondere Umrechnung direkt oder nach den unter den einzelnen Bestimmungen angeführten Berechnungsarten ermittelt und angegeben.

Kompliziert sind die Interpretationen der Werte für die Kolonne A und für die Kolonnen C und D der Gruppe 2. Bei diesen müssen zum Teil die Erfahrung, zum Teil weitere direkte Ermittlungen herangezogen werden. Es ist nicht möglich, darüber allgemein bindende Grundlagen zu geben.

Bei der Gruppe 3 F, Tab. I und Tab. II, F 4, 5 ergibt sich jeder Wert aus der direkten Bestimmung, bis auf die Sulfide und Karbonate, die rechnerisch unter Zuhilfenahme der direkten Bestimmungen (Kolonne 4 bzw. 6) ermittelt werden können. Die Menge der Kautschuksubstanz ergibt sich mit relativ großer Sicherheit aus der Differenzmethode nach Gruppe 3, E. F. bzw. F. 4, wobei der von H e n r i q u e s ermittelte Faktor von 2,5% löslichen Anteilen der Kautschuksubstanz durch Azeton und alkoholische Kalibehandlung vielfach berücksichtigt wird.

Schließlich sind die direkten Bestimmungen zu Gruppe 4 bzw. 6 von Wichtigkeit. Hinzugefügt mag noch werden, daß die Bestimmungen des



Gehaltes an Pech- und Asphalt-Kohlenwasserstoffen als direkte, absolute Werte bisher nicht möglich sind.

Die auf die beschriebene Weise rechnerisch oder direkt ermittelten Werte lassen folgende Analysenangaben zu:

1. Bei 100° flüchtige Substanz . . . . . =%
2. In Azeton lösliche Substanz . . . . . =%
  - davon sind: Schwefel . . . . . =%
  - Unverseifbare Substanz . . . . . =%
  - Verseifbare Substanz . . . . . =%
  - Stickstoff . . . . . =%
  - Organischer Farbstoff . . . . . =%
3. Verseifbare Substanz (aus Faktis) . . . . . =%
  - davon sind Schwefel . . . . . =%
  - Chlor . . . . . =%
  - andere Stoffe . . . . . =%
4. Mineralbestandteile . . . . . =%
  - davon sind: Aufzählung der einzelnen direkt bestimmten  
und berechneten Werte . . . . . =%
5. Organische Fremdkörper (als Ruß usw.; die einzelnen ermittelten Stoffe müssen angegeben werden mit Fußnoten für die angegebenen Arbeitsmethoden, und es gehören hierhin auch die in Wasser löslichen Stoffe) . . . . . =%
6. Gesamtstickstoff (die Stickstoffbilanz für 2, 5 und 6 ist anzugeben und zu interpretieren) . . . . . =%
7. An Kautschuk gebundener Schwefel . . . . . =%
8. Kautschuksubstanz (aus der Differenz zu 100 ermittelt) . . . =%

Genaue Einzelbeobachtungen sind unerläßlich. Sie ergeben sich zum Teil auch aus den weiter unten angegebenen mikroskopischen Ermittlungen, die sehr eingehend durchzuführen sind.

## Anhang zu den analytischen Arbeiten

### A. Allgemeines und Einzelheiten zur Analyse vorher nicht genannter Arbeiten

#### 1. Der Vulkanisationskoeffizient

ist eine Zahl, die vielfach, besonders bei dem Vergleich von Beschleunigern in Vulkanisationsverfahren, gebraucht wird. Diese Zahl bezeichnet nach Übereinkunft diejenige Menge Schwefel in Gewichtsteilen, die an 100 Gewichtsteile Kautschuksubstanz chemisch gebunden ist. Sie wird außerhalb der eigentlichen Analysengruppierung angeführt.

#### 2. Analyse von Kautschukstoffen

Die Untersuchung von Kautschukstoffen, d. h. von mit Kautschukmischungen überzogenen Geweben, bietet von derjenigen kompakter

Kautschukgegenstände wenig Unterschiede. Einzig die Bestimmung des Gehaltes an Grundgewebe verdient besprochen zu werden. Nach *Thal*<sup>98</sup>

5 g des Kautschukstoffes werden mit 150 bis 200 ccm Nitrobenzol 3 Minuten lang zum Sieden erhitzt. Das Gewebe wird alsdann aus dem Kolben genommen und zweimal mit je 50 ccm 95proz. Alkohol ausgewaschen, darauf mit warmer, verdünnter Salzsäure behandelt, endlich mit Wasser ausgewaschen, bei 100 bis 105° getrocknet und gewogen.

Nach *Frank* und *Markwald* ist es einfacher und sicherer, bei derartigen Bestimmungen des Verhältnisses zwischen Gewebe und auftragender Kautschukmasse das folgende Verfahren anzuwenden, bei dem die Arbeitstemperaturen niedriger gehalten werden.

Man wägt ein Stoffstück von 50 qcm Fläche, weicht es etwa 12 Stunden in Cumol und kocht dann, eventuell nach Entfernung der abgeweichten Masse, mit Cumol bei 160 bis 170° C aus. Hierbei wird, falls Appretur (die Kenntnis eventuell vorhandener Appretur ist sehr wichtig!) auf dem Stoff ist, diese noch nicht zersetzt, und der Stoff wird noch nicht karbonisiert. Es gelingt, eine gute und gut entfernbare Lösung der Kautschukschicht zu erhalten. Das Stoffstück wird dann mit Cumol mechanisch abgewaschen, mit Alkohol ausgespült, an der Luft getrocknet und gewogen. Das Verhältnis von Gewebe zu Gummi wird auf Fläche und Gewicht berechnet. Die Appretur kann am Stoff noch untersucht werden. Fettstoffe aus den Fasern gehen mit in Lösung.

Als weitere Bestimmungsart dient für Baumwollstoff die Kupferoxyd-Ammonmethode.

### 3. Analyse von Lösungen und Pasten, von Kautschuk und Kautschukmischungen

Für die Radreifen-, die Stoffindustrie und ganz besonders für die Lederstiefelfabrikation, Reparaturwerkstätten usw. finden sich kautschukhaltige Lösungen und Pasten verschiedenster Zusammensetzung im Handel. Ihre Analyse bietet, soweit die festen Grundsubstanzen in Frage kommen, keine besonderen Schwierigkeiten. Um die Menge des in ihnen enthaltenen Lösungsmittels zu bestimmen, genügt es, da es sich (wenn nicht Latex vorliegt) um flüchtige Substanzen handelt, gewogene Mengen bis zum Verschwinden jeden Geruchs, zunächst auf dem Wasserbade, dann im Trockenschrank (bei 105° C), unter häufigem Umrühren mit einem Glasstabe, zu erwärmen und aus der Gewichts-differenz die Menge des Lösungsmittels zu bestimmen. Will man das letztere identifizieren — es handelt sich wohl ausnahmslos um Schwefelkohlenstoff, Benzin, Petroleum, Benzol- oder Halogen-Kohlenwasserstoffe —, so knetet man etwas umständlich nach *Thal*<sup>99</sup> eine gewogene Menge in einer Schale vorsichtig mehrere Male mit 95proz. Alkohol aus. Aus den in einen Meßzylinder abgegossenen Lösungen fällt man die Lösungsmittel mit wäßriger Kochsalzlösung klar

<sup>98</sup> Pharm. Z. Rußland (1897); Gummi-Ztg. 13 (1898) S. 67 f.

<sup>99</sup> Chem. Ztg. 22 (1898) S. 737



aus und liest die Volumenmenge ab. Bestimmt man dann das spezifische Gewicht, so erfährt man auch die vorhandene Gewichtsmenge. Die Erkennung der Natur der Lösungsmittel gelingt bei den in Frage kommenden Substanzen meist leicht durch Bestimmung der Siedepunkte und der anderen charakteristischen Eigenschaften. Über die Untersuchung von Petroleum- und Benzol-Kohlenwasserstoffen siehe Abschnitt 85. *Einfacher* ist es, aus den Lösungen die Solventien durch Wasserdampf auszublansen; man erhält dann Destillate, die sich ohne Emulgierung absetzen und leicht der Art und Menge nach bestimmt werden können. Im abgesetzten Wasser kann auch der als Lösebeschleuniger vielfach verwendete Alkohol durch die Jodoformreaktion qualitativ und quantitativ nachgewiesen werden. In den Lösungen ist besonders auf zugesetzte Harze, Guttapercha, Balata, Eiweiß, Leim, Alterungsschutzstoffe, Beschleuniger usw. zu fahnden.

#### 4. Das spezifische Gewicht von Kautschuk und Kautschukwaren

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes erfolgt (siehe Seite 16) nach den üblichen Verfahren. Eine mehr empirische, aber ganz brauchbare Schnellmethode ist die, die *Minikes*<sup>100</sup> beschrieben hat. Der von ihm verwendete Apparat<sup>101</sup> besteht aus einem graduierten Reagenzglase, das links im unteren Drittel die Marke 2,00 und darüber die Marken 1,95 bis 1,45, rechts im oberen Drittel 1,50 und absteigend die Marken bis 1,00 trägt. Für schwere Kautschukgegenstände füllt man bis zum untersten Strich (2,0) mit einer Zinkchloridlösung vom spezifischen Gewicht 2,00, bringt ein Stückchen der zu untersuchenden Probe hinein und setzt nun unter fortwährendem Schütteln so lange Wasser zu, bis das Kautschukteilchen in der Mitte der Flüssigkeit schwebt. Es entspricht dann sein spezifisches Gewicht dem links angegebenen Teilungsstrich. Bei spezifisch leichten Proben füllt man umgekehrt mit Wasser bis zum Teilstrich rechts 1,00 und fügt nun Zinkchloridlösung (spezifisches Gewicht 2,00) hinzu, bis wieder die Schwebelage erfolgt. Das spezifische Gewicht der Probe liest man jetzt rechts ab. *Zilchert*<sup>102</sup> empfiehlt für einen ähnlichen Apparat an Stelle von Zinkchloridlösung eine solche von Quecksilberjodid in Kaliumjodid. Beide Apparate sind nur für gefüllte Waren zu gebrauchen. Für schwimmende Waren werden Alkohol-Wassergemische angewendet.

### B. Weitere chemisch-physikalische Prüffelder

Weitere Versuchsfelder, die zwischen dem eigentlich chemischen und dem rein mechanischen Prüffeld liegen, sind die Mikroskopie und die Prüfung auf Gebrauchsfähigkeit. Bei dieser gehen die chemischen Prüfungen mit den mechanischen Hand in Hand.

<sup>100</sup> Gummi-Ztg. 12 (1898) S. 97

<sup>101</sup> Lieferant Peters & Rost, Berlin.

<sup>102</sup> Gummi-Ztg. (1928) S. 310

## 1. Mikroskopische Prüfung von Kautschuk und Kautschukwaren

Ein besonderes und besonders wichtiges Arbeitsgebiet, das bisher noch viel zu wenig zu dem täglichen Handwerkszeug des Chemikers und Meisters in Kautschukwarenfabriken wurde, ist das der Mikroskopie. Von der Prüfung des Ausgangsproduktes, gleich ob es ein Mineralpulver oder eine pastöse oder sonstwie geartete organische oder anorganische Substanz ist, über das Mischprodukt bis zum fertigen Vulkanisat sollte man grundsätzlich der Mikroskopie eine Stellung einräumen. Für die Sichtfeinheit und Grifffreiheit ist im allgemeinen die Siebanalyse von einer guten Bedeutung. Bei den heutigen Feinheiten und verlangten Homogenitäten ist aber häufig eine mikroskopische Messung der verarbeiteten Stoffe auf Teilchengröße erforderlich. Man sollte diese Messungen zunächst im Werkmikroskop und danach, wenn irgendwelche Auffälligkeiten vorkommen, im normalen Mikroskop, möglichst mit Ölemersion vornehmen. Die Verteilung des Stoffes auf den gebrauchten Rastern geschieht am besten mit fettem Öl. Gut bewährt hat sich für Ruß auch Knochenöl.

Für die Mischungen verwendet man zunächst zur Feststellung und Kontrolle der Arbeit das binokulare Werkstattmikroskop. Man erkennt in demselben ohne jede besondere Beleuchtungsart usw. die allgemeine Homogenität. Will man über dieses Maß der Beobachtung hinausgehen, so kann man mit wirksameren Mikroskopen bei erheblich weitergehenden Vergrößerungen, 400/800fach, arbeiten. Praktisch ist es, nicht Feinschnitte zu verwenden, sondern die gezogenen Platten, so wie sie von der Maschine kommen, mit Beleuchtung von oben mikroskopisch zu prüfen. Selbst Vulkanisate können vielfach von der Oberfläche aus zunächst durch mikroskopische Prüfung auf Fehlstellen und ungenügende Homogenität geprüft werden. Die Herstellung von Schnitten ist im Betriebe im allgemeinen viel zu kompliziert und zu unsicher, besonders wenn es sich um Schnitte handelt, die die genügende Durchsichtigkeit haben sollen, um im durchfallenden Licht beobachtet zu werden.

Der Umgang mit dem Mikroskop muß als Voraussetzung für die Arbeit verlangt werden. Gut ist es, wenn im Gummiwerk, genau wie im metallurgischen Laboratorium, eine gute mikrographische Einrichtung vorhanden ist. Durch eine solche läßt sich ein einwandfreies Archiv für die Entwicklung der Arbeit in der Fabrik gestalten. Wenn man dann auch noch über die Veränderungen der Produkte bei der Lagerung oder beim Gebrauch die Mikrophotogramme festlegt, so würde das, was an vielen Stellen an Kenntnissen über die einzelnen Vorgänge noch fehlt, ergänzt werden.

Über die Mikroskopie bei Latex vgl. H a u s e r <sup>103</sup>; ferner H a u s e r <sup>104</sup> und M e m m l e r <sup>105</sup> Über die Mikroskopie technischer Vulkanisate, die präparativen und optischen Hilfsmittel und die einzelnen Untersuchungs-

<sup>103</sup> Latex, Dresden, Steinkopff (1927) S. 55 ff.

<sup>104</sup> Kautschuk 7 (1931) S. 168

<sup>105</sup> Handb. (1930) S. 712



methoden im auffallenden und durchfallenden Licht. Sehr eingehende Studien über die Technik der Mikroskopie sind auch im *Berlin-Lunge*<sup>106</sup> angegeben.

## 2. Prüfung der Kautschukwaren auf ihre Gebrauchsfähigkeit

Die Prüfungsmethoden auf Gebrauchsfähigkeit haben sich dem Verwendungszweck anzupassen. Sie müssen wahlweise einmal mehr vom chemischen und ein anderes Mal mehr vom physikalischen oder rein mechanischen Standpunkt aus behandelt werden. Dies erfordert ohne weiteres die Mannigfaltigkeit der Anwendungszwecke der fertigen Waren.

Die Gebrauchsfähigkeit hat sich auf die Alterung im allgemeinen, über die weiter unten, Seite 97, gesprochen wird, zu erstrecken. Einfacher sind zunächst die Prüfungen auf die Beständigkeit gegen die Einwirkung von Chemikalien.

Die Prüfungen sind zum Teil im Anschluß an *Herbst*<sup>107</sup> behandelt.

### a) Säurebeständigkeit

Ein Streifen der Probe, etwa 1 cm breit und 5 bis 10 cm lang, oder 5 g der geraspelten Probe bei Hartgummi für chemische und elektrische Verwendungszwecke, werden mit einer genügenden Menge 20proz. Schwefelsäure (spezifisches Gewicht 1,15) übergossen und 48 Stunden lang im bedeckten Glase auf 70 bis 90° C erwärmt. Hierauf filtriert man ab, wäscht gut aus und trocknet im Trockenschrank bei 95 bis 100° C. Der Verlust soll nicht mehr als 4% betragen.

Die Prüfung auf Säurebeständigkeit von Isolationsmaterial und chemischem Material ist auch in Säuredämpfen auszuführen. Hierzu werden die Proben entsprechend montiert in Schränken bei bestimmten Temperaturen den Dämpfen von z. B. Salzsäure oder der meist organischen Säuren, z. B. Essigsäure usw., ausgesetzt.

### b) Untersuchung von vulkanisierten Dichtungsringen für Konserven usw.

Ein Ring oder Streifen, der genügt, um in der auf Seite 130 beschriebenen Weise auf mechanisches Verhalten geprüft zu werden, wird in 5proz. Milchsäure, Zitronensäure oder Essigsäure gelegt und bei Zimmertemperatur 72 Stunden hindurch in derselben belassen. Dann wird der Streifen abgewaschen und getrocknet, gewogen und schließlich im Festigkeitsprüfer von *Schopper* (Seite 109) im Vergleich mit dem unbehandelten Ausgangsmaterial geprüft. Ein zweites Stück wird mit der in gleichem Verhältnis verdünnten Säure 40 Stunden auf 60 bis 70° C und eine dritte Probe zweimal 2 Stunden auf 100° C erwärmt, weiter behandelt und geprüft, wie beschrieben.

Die erhaltenen Zahlen geben ein sehr wertvolles Beurteilungsmaß, wenn man sie in Vergleich zu solchen stellt, die aus Proben erhalten wurden, die sich für den gleichen Verwendungszweck gut bewährt haben.

<sup>106</sup> Aufl. VIII Bd. 1 S. 867

<sup>107</sup> Chem.-techn. Analyse, in Post, Technologie (1908).

Da Normalien noch nicht aufgestellt sind, muß diese allgemeine Angabe hier genügen. Es empfiehlt sich aber auch, die Gewichtsabnahme nach a) festzustellen.

### c) Laugenbeständigkeit und Ammoniakbeständigkeit

Diese wird in ganz gleicher Weise, wie sie bei Säuren beschrieben ist, ausgeführt. Laugenkonzentrate: 1, 3, 5 und 20%, je nach Anforderung, oder 24 Stunden in Ammoniakdämpfen. Einen Teil der angewendeten Lauge kann man nach Beendigung des Versuches auf ein kleines Volumen einengen; versetzt man dann mit einem Überschuß von verdünnter Schwefelsäure und schüttelt mit Äther aus, so würde vorhandene Fettsäure zurückbleiben. Aus der Beschaffenheit derselben kann man dann auch auf die Natur des in der Ware eventuell enthaltenen Faktis oder fetten Öles — beide sollen nicht vorhanden sein — schließen.

### d) Die Beständigkeit gegen Salze,

besonders auch Seewasser, kann nur durch längere Zeit andauernde Einwirkung einer Lösung der Salze in Wasser 1 : 10 erprobt werden (Hart- und Weichgummibeläge an Schiffsteilen, Zentrifugenauskleidungen u.dgl.)

### e) Die Widerstandsfähigkeit gegen Chlor, Brom, Jod,

wird an einem gewogenen kompakten Stück durch Einlegen desselben in Chlorwasser oder angepaßte Halogenlösung von gewünschter Stärke geprüft, wie dies bei Säuren beschrieben wurde.

In einzelnen Fällen, z. B. bei Gummistopfen, bestimmt man den Halogengehalt der in dem Gefäß vorhandenen Lösung, verschließt dann mit dem Gummistopfen und prüft die Konzentration der Lösungen von 24 zu 24 Stunden etwa 20 Tage hindurch.

### f) Verhalten gegen fette und Mineralöle (einschließlich Benzin u. dgl.)

In gleicher Weise wie bei b) beschrieben, wird die Prüfung des Verhaltens gegen fette Öle ausgeführt. Ein entsprechendes Probestück wird mit Öl übergossen und 72 Stunden hindurch bei Zimmertemperatur (etwa 20° C) stehen gelassen oder 40 Stunden hindurch auf 60 bis 70° C erwärmt. Mit dem so behandelten Muster wird nach dem Abtrocknen mit Filterpapier die Gewichtszunahme bestimmt und die Streckprobe ausgeführt. Für Kabel sind hier bereits gewisse Normalien aufgestellt. Es wird verlangt, daß die Gewichtszunahme nach vierstündigem Liegen in auf 70° C erwärmtem Öl nicht mehr als 3% des Gesamtgewichtes betragen soll.

Eine andere Probe ist die folgende: Gewogene und gemessene prismatische Stücke werden in die Öle eingelegt und nach mehrtägigem Stehen, je nach der Anforderung bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur, die Gewichts- und Volumenzunahme bestimmt, die in günstigen Fällen möglichst gering sein soll.

### g) Beständigkeit gegen oxydierende Einflüsse

vgl. Alterung, Seite 97.



### **h) Verhalten beim Erwärmen (trockene Wärmeprobe)**

Die Wärmeprobe entspricht in der Hauptsache der Arbeitsweise, die im Geerofen, vgl. Seite 98, ausgeführt wird. In einzelnen Fällen sind die Temperaturen und Luftgeschwindigkeiten für die Wärmeprobe besonders vorgeschrieben; z. B. müssen Schläuche mit Stoffeinlagen 72 Stunden lang eine trockene Wärme von 75° aushalten. 10 Stunden nach der Wärmeprobe darf das Haftvermögen zwischen Stoff und Gummi nicht geringer sein als im Anfang (vgl. auch mechanische Prüfungen, Seite 101). Andere Methoden sind bei den Sonderleistungsbedingungen jeweils für den Sonderzweck angegeben.

### **i) Verhalten in der Kälte**

Wasserschläuche und auch vereinzelt Gasschläuche, die im Freien und zum Füllen von Behältern benutzt werden, sollen auch nach zweistündigem Abkühlen auf — 20° nach dem Wiederauftauen keine Risse und sonst erkennbare Veränderungen zeigen.

### **k) Verhalten beim Behandeln mit überhitztem Wasserdampf**

Für diese wichtige Prüfung, die hauptsächlich für Bremsschläuche und Dampfdruckschläuche angewendet wird, werden Abschnitte in einem zum Teil mit Wasser gefüllten Autoklaven auf 170° 4 Stunden lang erwärmt. Der Gummi, der z. B. für Wasserstandsrohren gebraucht wird, soll bei einer solchen Behandlung seine Eigenschaften nicht verändern. Schläuche sollen unter Dampfdruck bei den jeweils angegebenen Zeiten und Temperaturen und Drucken gehalten werden. Es sind jeweils bestimmte Änderungen zugelassen, die nicht überschritten werden dürfen.<sup>108</sup>

### **l) Weitere Gebrauchswertprüfungen für Dichtungsmaterial und Schläuche**

Sehr eingehende Vorschriften über die Gebrauchsfähigkeitsprüfungen sind in den verschiedenen technischen Lieferungsbedingungen, z. B. der Deutschen Reichsbahn, für Gummischläuche, für Gasfüllschläuche, für Hartgummiringe zu Speisepumpen, für Stopferschläuche, für Gleisstopfmaschinen, für Profilgummipplatten, Gummileinwand, Tür- und Fensterpuffer, Gummiringe und -scheiben, Wasserstandsringe und Dichtungsringe für Bremsschläuche enthalten. Besondere Bedingungen sind auch für Dichtplatten, It-Platten und Dichtringe, It-Ringe usw. zu berücksichtigen. Einen Auszug aus diesen Lieferungsbedingungen zu geben, ist nicht erforderlich, man muß sich jeweils die neuesten Lieferungsbedingungen zur Kontrolle der herzustellenden und zu liefernden Fabrikate an den zuständigen Stellen beschaffen.

### **m) Gasdichtigkeit,**

siehe mechanische Prüfungen Seite 101.

<sup>108</sup> Vgl. Talalay, I.R.J. 81 (1931) S. 11

### n) Isolierfähigkeit und Durchschlagsfestigkeit

Die Prüfung der Isolierfähigkeit erfolgt nach Vorschriften, die vom Verband deutscher Elektrotechniker gemeinsam mit der Physikalisch-technischen Reichsanstalt und dem Staatlichen Materialprüfungsamt aufgestellt sind.

Die Untersuchung wird an Platten ausgeführt, die etwa 1 cm Dicke und mindestens  $12 \times 15$  cm Größe besitzen. Die Prüfung erstreckt sich

- a) auf die Messung des Oberflächenwiderstandes bei 1000 Volt Gleichstromspannung,
  - a) im Zustand der Einsendung, jedoch nach Abschleifen der Oberfläche,
  - β) nach 24stündiger Einwirkung von Wasser, wobei auch die Größe der Wasseraufnahme festzustellen ist,
  - γ) nach dreiwöchiger Einwirkung von 25proz. Schwefelsäure,
  - δ) nach dreiwöchiger Einwirkung von Ammoniakdampf;
- b) auf die Erprobung der Lichtbogensicherheit. Als Elektroden dienen stanniolgepolsterte Kreisscheiben von 25 mm Durchmesser mit abgerundeten Kanten.

Off wird die Durchschlagsfestigkeit auch mit Wechselstrom bestimmt, und zwar einerseits bei langsam gesteigerter Spannung, bis der Durchschlag erfolgt, dann wird andererseits auch mit Spannungen geprüft, die unterhalb der festgestellten Durchschlagswerte liegen, um den Einfluß einer Dauereinwirkung der Spannung festzustellen.

### o) Kautschukisolierte Leitungen

Für die Zusammensetzung der Kautschukhüllen von gummiisolierten Kabeln sind in den verschiedenen Ländern verschiedene Bedingungen aufgestellt. Da diese Prüfungen auch eine gesamte Analysenmethode bedeuten, seien sie hier dem Wortlaut der deutschen Bestimmungen nach wiedergegeben.

#### Anhang zu o)

### Vorschriften für die Kontrolle und Untersuchung des Isolationsmaterials für elektrische Leitungen

Besondere Prüfarten sind für die Überwachung der kautschukumhüllten elektrischen Leitungen festgelegt. Sie werden nachstehend als Anhang zu den allgemeinen Arbeitsweisen angegeben.

#### A. Umfang der Untersuchung

Die Zusammensetzung der Gummimischung für Normalleitungsdrähte ist wie folgt festgesetzt:<sup>109</sup>

Mindestens 33,3% Rohkautschuk, höchstens 66,7% Füllstoffe einschließlich Schwefel. Von organischen Zusatzstoffen ist ein Gehalt an festen Paraffinkohlenwasserstoffen bis zu einer Höchstmenge von 5% gestattet. Außerdem ist es zulässig, organische Beschleuniger, Antioxydantien und ähnliche Stoffe der Kautschukmischung zuzusetzen. Diese Zusatzstoffe müssen jedoch so gewählt sein, daß, nach dem vereinbarten Analysenverfahren ermittelt, die Grenzwerte

<sup>109</sup> Elektrotechn. Z. (1931) S. 182, 641, 949; V.D.E. 497; V.I.L. (1931), gültig ab 30. Juni 1932.



von 4% für den scheinbaren Harzgehalt und 1,5% für verseifbare Stoffe, beides bezogen auf die 33,3%ige<sup>110</sup> Mischung, eingehalten werden. — Das spezifische Gewicht  $s$  der Gummiisolation muß mindestens sein:

$$s = \frac{178 - 0,85 r}{100}$$

wobei  $r$  der Gehalt an Rohkautschuk in Prozenten ist. Bei einem Rohkautschukgehalt von 33,3% muß also das spezifische Gewicht mindestens 1,5 sein.

Die Gummihülle ist einer Alterungsprüfung zu unterwerfen, und zwar durch Erwärmung auf 70° sieben Tage lang im Trockenschrank mit zirkulierender Luft. Diese Alterungsprüfung ist an der Leitung ohne gummiertes Band und ohne getränkte Beflechtung, aber mit dem Kupferleiter vorzunehmen. Nach der Alterungsprüfung muß die Gummihülle noch eine Bruchfestigkeit von mindestens 50 kg/qcm und eine Bruchdehnung von mindestens 250% der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm aufweisen.

Die Vorschriften zur chemischen Prüfung erstrecken sich auf das von der Umhüllung befreite Kautschukmaterial, gleichgültig, ob dieses durch die Imprägnierstoffe der Umhüllung in seiner chemischen Zusammensetzung verändert ist oder nicht.

Die Untersuchung erstreckt sich auf:

1. Bestimmung des spezifischen Gewichts.
2. Bestimmung der in Aceton löslichen Anteile.

Hierin werden bestimmt:

- a) Paraffinkohlenwasserstoffe und der darin enthaltene Schwefel,
- b) der gesamte im Acetonauszug enthaltene Schwefel.
3. Bestimmung der in Chloroform löslichen Anteile.
4. Bestimmung der Füllstoffe.
5. Bestimmung der in  $\frac{1}{2}$  n-alkoholischer Kalilauge löslichen Anteile.

Die einzelnen Arbeitsarten sind durch Konvention festgelegt. Sie schließen sich in einer einfachen und klaren Weise den allgemein üblichen analytischen Arbeiten an und werden ganz einheitlich ausgelegt.

## B. Verfahren zur Untersuchung des für isolierte Leitungen verwendeten Kautschukmaterials

### *Probenahme und Probearbeitung*

Zu einer Untersuchung sind mindestens 30 g Kautschukmaterial erforderlich. Dieses ist von fertigen Drähten zu entnehmen. Das Abziehen der Umklöppelung und des gummierten Bandes der Drähte, das nacheinander erfolgen soll, hat mit besonderer Vorsicht zu geschehen, damit die Imprägnierungsmasse nicht mit dem Adergummi in Berührung kommt.

Das Kautschukmaterial wird mit der Schere zerkleinert, gut durchgemischt und zur Analyse durch ein Sieb von 40 Maschen auf 1 qcm (die lichte Weite der Maschen soll etwa 1,4 mm betragen) restlos abgeseigt.

Proben, die nach der Zerkleinerung nicht sogleich zur Analyse gelangen, werden in verschlossenen Flaschen, vor direktem Tageslicht geschützt, aufbewahrt.

#### *1. Bestimmung des spezifischen Gewichts*

Das zu untersuchende Material muß bei einem Gehalt von 33,3% Rohkautschuk in einer Chlorzinklösung vom spezifischen Gewicht 1,49 bei 20° C untersinken. Die zugelassenen Abweichungen ergeben sich aus der obigen Formel.

<sup>110</sup> Für höhere Kautschukgehalte erhöhen sich die Werte des scheinbaren Harzgehaltes und der verseifbaren Stoffe im Verhältnis des wirklichen Rohkautschukgehaltes zu 33,3%. Es sind also z. B. für eine Mischung mit 50% Rohkautschuk die zulässigen Werte mit dem Faktor  $50:33,3 = 1,5$  zu multiplizieren.

## 2. Bestimmung der in Aceton löslichen Anteile

Zweimal je 5 g der Probe werden im Normalapparat mit Aceton (das Aceton wird über entwässertem Kaliumcarbonat frisch destilliert; zur Extraktion wird die Fraktion zwischen 56 und 57° C verwendet) acht Stunden auf dem Wasserbade ausgezogen. Das Aceton wird dann aus dem Kölbchen abdestilliert. Die in dem Kölbchen verbleibenden Rückstände werden, jeder für sich, bei 100° C im Trockenschranke bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und dann gewogen.

### a) Bestimmung der Paraffinkohlenwasserstoffe

Einer der beiden Extraktionsrückstände wird mit 30 ccm absolutem Alkohol in der Wärme aufgenommen und in einen zweiten gewogenen und mit Siedesteinchen beschickten Kolben abfiltriert. Der erste Kolben und das Filter werden zweimal mit je 10 ccm heißem Alkohol nachgewaschen. Das Filtrat bleibt alsdann in einer Kältemischung bei -4 bis -5° C eine Stunde stehen. Hierauf filtriert man die ausgefallenen Paraffinkohlenwasserstoffe durch einen mit Eis-Kochsalzgemisch beschickten Kältetrichter ab und wäscht mit 100 ccm auf die gleiche Temperatur abgekühltem Alkohol von 90 Vol.-% nach.

Der auf dem Filter verbliebene Rückstand wird durch Übergießen zunächst mit absolutem Alkohol und dann mit warmem Chloroform oder frisch destilliertem Schwefelkohlenstoff in den benutzten Kolben zurückgelöst. Die Lösungsmittel werden auf dem Wasserbade verdampft, Rückstand und Kolben bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen.

Das Filtrat der Paraffinbestimmung wird auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft. Der Rückstand wird mit 15 ccm Tetrachlorkohlenstoff aufgenommen, mit kleinen Tetrachlorkohlenstoffmengen (etwa 10 ccm) in einen Scheidetrichter übergeführt und mit konzentrierter Schwefelsäure in Anteilen von je 15 ccm solange ausgeschüttelt, bis keine Verfärbung der Säure mehr auftritt. Nach dem Ablassen der Säure gibt man zu der Tetrachlorkohlenstofflösung Wasser und 100 ccm Äther. Dann schüttelt man aus, läßt das Wasser ablaufen und wiederholt das Ausschütteln mit neuen Wassermengen so oft, bis das Waschwasser keine saure Reaktion mehr zeigt.

Die Tetrachlorkohlenstofflösung wird nun in einen mit Siedesteinchen beschickten, getrockneten und gewogenen Kolben übergeführt, der Scheidetrichter mit kleinen Tetrachlorkohlenstoffmengen nachgewaschen, und dann werden die Lösungsmittel auf dem Wasserbade verdampft. Der Kolben mit dem Rückstande wird im Trockenschranke bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Das ermittelte Gewicht der beiden Paraffinbestimmungen wird als Paraffinkohlenwasserstoffe angesprochen, und zwar darf die Menge der bei der zweiten Bestimmung gefundenen Paraffinkohlenwasserstoffe nicht mehr als 10% der Gesamtmenge der Paraffinkohlenwasserstoffe betragen.

### b) Bestimmung des »freien Schwefels«

Der zweite Rückstand der Acetonextraktion wird zur Bestimmung des gesamten in Acetonlösung gegangenen Schwefels mit einer Lösung von 0,2 g Magnesiumoxyd in 20 ccm Brom-Salpetersäure<sup>111</sup> bis zur vollständigen Oxydation des Schwefels zunächst auf dem Wasserbade, späterhin auf dem Sandbade erhitzt. Dann wird der Inhalt des Kölbchens mit Wasser in eine Porzellanschale übergeführt und zur Trockne verdampft. Der Rückstand wird dreimal mit je 5 ccm konzentrierter Salzsäure abgeraucht. Nach Aufnehmen des Rückstandes mit 5 ccm konzentrierter Salzsäure und Verdünnen mit Wasser auf 100 ccm wird die siedendheiße Lösung mit 15 ccm heißer 1 n-Bariumchloridlösung<sup>112</sup> versetzt und das Bariumsulfat in bekannter Weise bestimmt.

<sup>111</sup> Die Brom-Salpetersäure wird hergestellt, indem man Salpetersäure (spez. Gew. mindestens 1,48) in einer Flasche mit 10% reinem Brom versetzt, kräftig umschüttelt und einige Stunden stehen läßt.

<sup>112</sup> Die Bariumchloridlösung enthält 122,16 g  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  auf 1 l der Lösung.



### 3. Bestimmung der in Chloroform löslichen Anteile

Das mit Aceton extrahierte Material (es ist nicht von dem anhaftenden Aceton durch Trocknen zu befreien) wird im Normalapparat vier Stunden lang mit Chloroform (D. A. B. 5) ausgezogen. Dann wird das Lösungsmittel auf dem Wasserbade verdampft. Die in den Kolben verbleibenden Rückstände werden, jeder für sich, im Trockenschranke bis zur Gewichtskonstanz bei 100° C getrocknet.

Mit Rücksicht darauf, daß auch reiner Kautschuk gewisse Mengen in Chloroform lösliche Anteile enthält, ist als Höchstmenge dieser Stoffe der Gehalt von 1,5% auf die Mischung berechnet, statthaft.

### 4. Bestimmung der Füllstoffe

Zur Ausführung der Bestimmung wird die 1 g der ursprünglichen Probe entsprechende Menge des mit Aceton und Chloroform ausgezogenen und bei 50 bis 60° C getrockneten Materials in einem mit Luftkühler versehenen, getrockneten und gewogenen Erlenmeyerkölbchen von 200 ccm Inhalt mit 25 ccm »Paraffin, flüssig D. A. B. 6« erhitzt, bis die Kautschuksubstanz gelöst ist. Der Kolben wird nach dem Abkühlen mit Benzol fast gefüllt und 24 Stunden lang zum Absetzen des Niederschlages stehengelassen. Die überstehende Flüssigkeit wird alsdann auf einem mit doppelten Filterscheibchen und langfaserigen Asbest versehenen, bis zum konstanten Gewicht getrockneten und gewogenen Goochtiigel abdekantiert und abgesaugt; die ablaufende Flüssigkeit wird so oft zurückgegossen, bis sie vollkommen klar abläuft. Der Inhalt des Kölbchens und der Rückstand auf dem Goochtiigel werden wiederholt mit heißem Benzol ausgewaschen, bis das Filtrat wasserhell abläuft; man wäscht dann noch mehrmals mit Petroleumäther, Alkohol und Äther und trocknet bei 100° C Goochtiigel und Kölbchen im Trockenschranke.

Wenn eine Zentrifuge zur Verfügung steht, ist an Stelle der Filtration mehrmaliges Dekantieren im Kölbchen unter Zuhilfenahme der Zentrifuge statthaft. Das Kölbchen wird dann nach Austreiben des Restes der Waschflüssigkeiten durch Trocknen bei 100° C bis zum konstanten Gewicht gewogen.

Bei der vorstehend beschriebenen Arbeitsweise werden außer den mineralischen Zusätzen auch organische, in »Paraffin flüssig« unlösliche Füllstoffe, wie Ruß, Cellulose usw., mitbestimmt.

Erfolgt unter den oben angegebenen Arbeitsbedingungen die Lösung des Kautschukmaterials in »Paraffin flüssig« nicht innerhalb acht Stunden, so wird es als »nicht löslich in Paraffin flüssig« angesprochen. Das Kautschukmaterial für Normalleitungsdrähte soll aber darin löslich sein.

### 5. Bestimmung der in ½ n-alkoholischer Kalilauge löslichen Bestandteile

Die 5 g der ursprünglichen Probe entsprechende Menge des mit Aceton und Chloroform ausgezogenen und bei 50 bis 60° C getrockneten Kautschukmaterials wird sofort in einem Erlenmeyerkolben von 200 ccm mit 50 ccm Benzol übergossen. Nach mindestens zwölfstündigem Stehen fügt man zu der Quellung 50 ccm ½ n-alkoholische Kalilauge hinzu und erhitzt vier Stunden am Rückflußkühler auf dem Wasserbade zum Sieden. Dann filtriert man durch ein Filter in ein Becherglas ab, wäscht zuerst mit 100 ccm heißem, absolutem Alkohol und dann mit 50 ccm heißem Wasser nach, dampft bis auf 15 ccm ein, spült in einen Schütteltrichter, verdünnt mit Wasser auf etwa 100 ccm, säuert mit verdünnter Schwefelsäure an, schüttelt mit Äther aus bis der Äther farblos bleibt, verdampft vorsichtig (möglichst ohne Sieden) die ätherische Lösung in einem mit Siedesteinchen beschickten, getrockneten und gewogenen Bechergläschen, trocknet bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz und wägt.

Mit Rücksicht darauf, daß auch reine Kautschuke gewisse Mengen in alkoholischer Kalilauge lösliche Stoffe enthalten, ist als Höchstmenge dieser Stoffe der Gehalt von 1,5% (auf die Mischung berechnet) in Normalleitungsdrähten gestattet.

### Berechnung der Analyse

Die Summe der gefundenen Füllstoffe, des in Acetonlösung gegangenen Schwefels und der Paraffinkohlenwasserstoffe soll höchstens 65,7% ergeben. Die Differenz zwischen dieser Zahl und 100% wird als vulkanisierter Kautschuk angesprochen.

Zur Berechnung des Reinkautschukgehaltes der Mischung soll nach Übereinkunft 1% als Durchschnittswert für gebundenen Schwefel (auf die Mischung bezogenen) in Abzug gebracht werden.<sup>113</sup>

### 3. Licht- und Farbbeständigkeit

Das zu untersuchende Muster wird auf einem Brett so befestigt, daß man die eine Hälfte desselben der direkten Bestrahlung der Sonne oder einer besonderen Lichtquelle, z. B. der Quecksilberquarzlampe, aussetzen kann, während man die andere Hälfte durch Bedecken mit einer starken schwarzen Pappe vor der Einwirkung der Lichtstrahlen schützt. Man setzt das Muster dann, je nach Anforderung kürzere oder längere Zeit hindurch, der Einwirkung des Lichtes aus und beobachtet, ob auf dem bestrahlten Teile sich runzlige, trockene Flächen mit Rissen und Sprüngen oder Farbveränderungen zeigen. Die Prüfung wird gewöhnlich mit einem Qualitäts-Vergleichsmuster durchgeführt. Die beobachteten Veränderungen sind auf eine Oxydation der Oberfläche unter dem Einflusse der Lichtstrahlen zurückzuführen. Nach *Wolfenstein*<sup>114</sup> und *C. O. Weber*<sup>115</sup> soll mit dem gleichen Ergebnis das Muster zwei Tage lang in eine Lösung von 20 g Azeton mit 60 ccm einer 20proz. Wasserstoffsperoxydlösung eingetaucht werden. Das Muster wird nach vollendeter Einwirkung mit etwas Azeton und Wasser abgewaschen, bei 100° getrocknet, gewogen und dann auf seine Eigenschaften geprüft. Die Gewichtszunahme im Vergleiche zu der eines Standardmusters soll Aufschluß über die Oxydationsfähigkeit geben. Diese Prüfmethode kann nur da, wo Vergleiche vorliegen, zu einer Verwendungsprobe gemacht werden. Sie ist in solchen Sonderfällen sehr verwendbar.

### 4. Alterungsverfahren der Gummiwaren

Die Verfahren der künstlichen Alterung sind zu einer wichtigen Werk- und Abnahmeprüfung geworden. Es muß aber im voraus gesagt werden, daß das letzte Wort über die Ausführungsart und den Wert dieser Prüfungen noch nicht gesagt werden kann. Einstweilen muß noch mit einer gewissen Empirie gearbeitet und gefolgert werden. Eine festliegende Erfahrung ist es, daß beim Kautschuk bzw. den daraus hergestellten Gummiwaren die Atmosphärenteilchen, und von ihnen zumeist der Sauerstoff, ferner Licht, Wärme und eine Reihe von Katalysatoren Alterung (Zersetzung) be-

<sup>113</sup> Von der unmittelbaren Bestimmung des gebundenen Schwefels wird, um die sonst erforderliche unverhältnismäßige Erhöhung der Untersuchungskosten zu vermeiden, Abstand genommen.

<sup>114</sup> Ber. dtsh. chem. Ges. 28 (1895) S. 2665

<sup>115</sup> The Chem. of Ind. Rubber S. 230



wirken.<sup>116</sup> Eine vollständige Zusammenstellung über die Entwicklung der Kenntnis der Alterung ist von Charles Dufraisse<sup>117</sup> und eine weitere sehr eingehende Studie von Memmler und Schob<sup>118</sup> gegeben. Es muß wegen der Einzelheiten auf die angegebenen Literaturstellen verwiesen werden, besonders auch wegen der heute für die Vielfalt chemischer Arbeitsvorgänge wichtigen Schutzstoffe usw.<sup>119</sup> Gewisse wichtige Schutzstoffe besitzen die Kautschuke in ihren natürlichen Begleitern, den Harzen, Lipoiden, Aschenstoffen usw. Die wichtigsten Schutzstoffe, die auch regelbar sind, werden entsprechend dem jeweiligen Verwendungszweck zugesetzt.

Die Prüfungen auf Alterungsfähigkeit der Gummiwaren passen sich denen der Öle, Textilien usw. an, indem zunächst auf schädlich wirkende katalytische Stoffe, wie Kupfer, Mangan, lösliche Eisensalze usw., analytisch geprüft wird (vgl. Seite 18). Wichtig sind ferner die chemisch-physikalischen Prüfungsverfahren. Die wichtigsten derselben sind die von Geer<sup>120</sup> und Bierer und Davis,<sup>121</sup> Diese sind vielfach variiert und erprobt. Die Ergebnisse der Verfahren sind nicht unmittelbar vergleichbar und geben auch keine absoluten, sondern nur relative Werte. Die Anforderungen müssen von Fall zu Fall ausgemittelt und festgelegt werden. Auf die große Reihe der Bearbeiter und Bearbeitungen dieser Arbeitsmethoden kann hier, nachdem oben auf die Literatur hingewiesen wurde, nicht eingegangen werden. Erwähnt seien u. a. die Arbeiten von van Rossem und Decker<sup>122</sup> sowie Wurm.<sup>123</sup> Die meist angewendeten Verfahren sind die folgenden:

#### a) Nach Geer

In einem Ofen (Trockenschrank), dessen Beheizung genau einstellbar ist (bevorzugt werden elektrisch beheizte Öfen, etwa Bauart Heraeus, Hanau), werden die zur mechanischen Prüfung hergerichteten Ringe und Abschnitte daraus (vgl. auch unter Isolationsmaterial, Seite 93) auf 70° C erwärmt (Berührung mit Metall muß vermieden werden). Vielfach werden die Ringe im gedehnten Zustand (10% Dehnung) in den Ofen eingesetzt.<sup>124</sup> Während der Erwärmung wird ein mäßiger Luftstrom, der durch konzentrierte Schwefelsäure getrocknet wird, durch den Ofen ge-

<sup>116</sup> Frank, Erste Mitteilungen des Neuen Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen, Gruppe C, Zürich 1930, S. 7

<sup>117</sup> Rev. gén. Caout. (1932) Nr. 85 u. 86

<sup>118</sup> Memmler, Handb. S. 677 ff.

<sup>119</sup> Moureu und Dufraisse, C. r. de l'Acad. des sciences (1919) S. 1068; (1920) S. 26; (1923) S. 624, 797 usw.; Kautschuk 9 (1933) S. 88

<sup>120</sup> Ind. Rubber World 55 (1916) S. 127

<sup>121</sup> Ind. Engng. Chem. (1924) S. 711; (1925) S. 860; (1929) S. 1008 usw.

<sup>122</sup> Kautschuk 5 (1929) S. 14

<sup>123</sup> Gummi-Ztg. 47 (1932) 187

<sup>124</sup> Sommeerville, Ball und Cope, Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 1183

leitet. Einwirkungszeit 72, 100, 168, 240 Stunden. Nach je 24 Stunden werden Probestücke zur mechanischen und chemischen Prüfung entnommen. Nach diesen Zeiten werden die Proben jeweils zunächst auf erkennbare Veränderungen, wie Geruch, Klebrigkeit usw., geprüft. Danach wird die mechanische Prüfung (Seite 101) und die Extraktion mit Azeton (Seite 7) manchmal auch ein Auskochen mit Wasser, ausgeführt. Die durch die Oxydation gebildeten, meist klebrigen Stoffe sind in Azeton löslich, und ihre Menge gegenüber dem Frischprodukt zeigt mehr oder weniger hohe Lebensfähigkeit an. Sehr scharf bringt dies die Bestimmung der Säure- und Verseifungszahl (Aldehyd- und Ketonreaktionen) und der Vergleich der mechanischen Prüfergebnisse zum Ausdruck. Die Veränderung der Werte soll klein sein. Die Prüfung findet besonders bei Elektroisoliermaterial, bei gummierten Stoffen und nahtlosen Gegenständen Anwendung.<sup>125</sup>

### b) Nach Bierer und Davis

In einer Bombe aus V<sub>2</sub>A-Stahl oder chromiert, z. B. einer solchen, wie sie für die Heizwertbestimmung gebraucht wird, mit glattem Deckel, der Gas-Zu- und -Ableitung hat, werden die zur mechanischen Prüfung geschnittenen Ringe und Abfallstücke lose oder auf Glasformen um 10% gestreckt eingesetzt. Dann wird bei geöffneten Ventilen zunächst mit Sauerstoff aus der Flasche durchgespült und dann bei allmählich verschlossenem Ablaßventil mit dem Sauerstoff auf 20 Atü (vereinzelt 7 Atü) gefüllt. Das Meßmanometer bleibt mit der Bombenflasche verbunden, um verbrauchten Sauerstoff nachfüllen zu können. Die Bombe, die schon vorher in den elektrisch beheizbaren Ofen montiert ist, wird nun langsam auf 60° C ( $\pm 5^\circ$  C) erwärmt. Die Bombe muß wegen möglicher Explosion geschützt stehen. Man unterbricht alle 10 Stunden den Versuch, um Proben zu entnehmen. Die Alterung unter 10% Dehnung entspricht nach S o m m e r v i l l e<sup>124</sup> den Beanspruchungen im Gebrauch, z. B. bei Reifen. Die Registrierung soll kurvenmäßig für die mechanischen und chemischen Werte erfolgen.

Auch hier ist der Alterungswert als zeitliche Vergleichszahl noch nicht einheitlich festgelegt. B i e r e r - D a v i s gaben zuerst bei unverändertem Verhalten nach 16 bis 24 Stunden der Ware einen Lagerwert von mehreren Jahren. Später wurden die Vergleichswerte etwas präziser angegeben. 10 Stunden sollten 1 Jahr und jeder weitere Tag der technischen Unveränderlichkeit weiteren 6 Monaten Lagerfähigkeit entsprechen. V a n R o s s e m, mit dessen Arbeiten Versuche des Verfassers in bestimmten Fällen, z. B. bei Reifendecken, übereinstimmen, nimmt für je 10 Stunden Unveränderlichkeit eine Lagerbeständigkeit von 1 Jahr, unter normalen, nicht tropischen Bedingungen an.

<sup>125</sup> Wurm, Gummi-Ztg. 47 (1932) S. 187, gibt an, daß eine achttägige Prüfung im Geer-Ofen, die keine zu starke Verschlechterung ergibt, auf gute Lebensfähigkeit hinweise. Andere Autoren meinen, einen Tag künstlicher Alterung = einen Monat natürlicher setzen zu dürfen. Es gibt aber keine genauen Vergleichszahlen.



**c) Alterung durch ultraviolettes Licht der Analysen-Quarzlampe** <sup>126</sup>

Ozonisierte Luft soll angeblich keinen alternden Einfluß auf Kautschukmaterial haben, was aber nicht zutrifft. Die Alterung bei diesem Verfahren soll lediglich durch die direkte Einwirkung der ultravioletten Strahlen erfolgen. Versuchsanordnung: Die Proben werden ohne oder mit bestimmter Spannung auf eine mit Wasser gekühlte Trommel aufgespannt und unter langsamer Drehung dem Licht der Quarzlampe ausgesetzt.

---

<sup>126</sup> Krahl, Kautschuk 3 (1927) S. 159

# TECHNISCHE KAUSCHUKPRÜFUNG

VON PROF. DR. FRITZ FRANK, BERLIN

Bei den mannigfaltigen Anwendungen, denen die aus Kautschuk und mit Kautschuk hergestellten Gegenstände, z. B. als Werkstoffe, dienen, ist es erforderlich, sie gleich Werkstoffen angepaßten mechanischen Prüfarten zu unterwerfen. Im Anfang waren die Prüfgeräte wenig sachlich entwickelt. Es handelte sich auch zumeist um sehr primitives Gerät, das dann auch noch ohne Kenntnis der bereits entwickelten Werkstoffkunde in der sorgfältig mit Scheuklappen ausgestatteten Industrie entstand. Lange Zeit hindurch hat die Handprüfung, die Erfahrungssache, die aber auch vielfach Einbildung war, vorgeherrschet. Als dann durch die Entwicklung der Technik die berufenen Fachleute aus der Materialkunde auch zur Gestaltung des Prüfwesens der Kautschukwaren kamen, zeigten sich die Schwierigkeiten, die der Übertragung der so zuverlässig ausgebildeten Verfahren und Geräte entgegenstanden. Diese liegen überwiegend in der Elastizität der Kautschukgegenstände. Dieselbe übertrifft die aller anderen Werkstoffe und gibt daher den auch chemischen Einwirkungen so überaus widerstandsfähigen, vulkanisierten Gegenständen eine so weitgehende und besonders geartete Anwendungsmöglichkeit. Eine besondere Ordnung ist in die Prüfung durch die Arbeit des Staatlichen Materialprüfungsamtes, Berlin-Dahlem, gekommen. An dieser Stelle war besonders unter Martens und daneben vor allem durch Memmler, Schob, Kindscher u. a. die Materialprüfung für Metalle, Baustoffe und Papier usw. weitgehend entwickelt und ließ sich nun, angeregt durch Erfordernisse und Arbeiten, die von draußen kamen, auch allmählich auf die Prüfung von Kautschukwaren übertragen. Louis Schopper, Leipzig, der für so viel mechanische Prüfverfahren das Gerät entwickelt hat, ist auch hier der führende praktische und wissenschaftliche Konstrukteur gewesen. Überwiegend wird das Prüfgerät Schoppers in der ganzen Welt verwendet und führte auch in gewisser Beziehung zur Standardisierung einer Reihe von Arbeitsweisen. Diese Prüfgeräte und die Anwendung derselben in den exakt gestalteten Methoden und Berechnungsarten, die die oben genannten Führer im Prüfwesen entwickelten, sollen in dem nächstfolgenden Teil behandelt werden. Daneben werden die an anderen Stellen gebauten und entwickelten Geräte soweit es irgend zugänglich ist, besprochen und dargestellt.<sup>1</sup> Bei der Behandlung des mechanischen Prüfwesens ist der Weg, den Memmler in seinen Abhandlungen geht, beibehalten. Er ist einfach und übersichtlich. Die Prüfung wird danach in vier Gruppen behandelt, nämlich für:

1. Weichgummi,
2. Hartgummi,
3. Gummi als Isolierstoff,

<sup>1</sup> Zur Literatur wird besonders verwiesen auf Memmler, Handb. d. Kautschukwiss., Verlag Hirzel, 1930, in dem eine sehr vollständige Übersicht S. 575 ff gegeben ist.



4. Gummi als Bedeckung von Geweben (Kleidungsstücke, auch für Gasschutz, Ballonstoffe, Kunstleder u. dgl.).

Vorab sei noch darauf hingewiesen, daß man die Räume, in denen die mechanischen Prüfungen ausgeführt werden, nicht in die chemischen Laboratorien verlegen soll. Sie sollen gesondert liegen, möglichst gleichmäßige Belichtung, Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse haben. Mit den Räumen für die mechanischen Prüfungen sollte man die mikroskopischen Arbeitsfelder verbinden und weitgehende Verfolgung des mechanischen Verhaltens mit der Mikrobeobachtung verbinden. Die vielen engen Verbindungen der mechanischen Gebrauchs- und Alterungsprüfungen sind an den einzelnen Stellen erwähnt, so beim Mischwesen, beim Einkauf, der Anpassung der Rohwaren an die Betriebsarbeit und bei dem Hinweis auf die für die Erhaltung der Anpassungsfähigkeit des Betriebes an die Forderungen der Technik und des mannigfaltigen Gebrauches unentbehrliche Entwicklungsabteilung.

In Deutschland sind für die mechanisch-technologischen Prüfungen gewisse Normen vom Ausschuß 13 des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik in dem Bericht Nr. 76, datiert vom Dezember 1925, aufgestellt, zunächst für die Gruppe 1, Weichgummi. Für Hartgummi und Isolierstoffe sind vom Verband Deutscher Elektrotechniker Normen gegeben. Ebenso sind die Arbeiten des Staatlichen Materialprüfungsamtes, die im M e m m l e r, Handb. d. Kautschukwiss., zusammengestellt und mit den sonst vorgeschlagenen und im Gebrauch befindlichen Prüfarten in ihrem Für und Wider dargestellt wurden, gewissermaßen als Vornormen anzusehen. Sie werden auch entsprechend in der Literatur des In- und Auslandes diskutiert und weiter und gesicherter ausgestaltet. Für die nachfolgende Bearbeitung ist den Angaben in M e m m l e r s Handbuch im allgemeinen gefolgt.

## Weichgummi

Der Wortlaut der Prüfnormen des Ausschusses 13, vgl. oben, ist der folgende:

### A. Gegenstand der Prüfung können sein:

- a) Rohkautschuk,
- b) Mischungen,
- c) Fertigfabrikate.

Auf die Teile a und b braucht an dieser Stelle nicht weiter eingegangen zu werden; sie sind bei den einschlägigen Abteilungen (besonders im Kap. Mischwesen) genügend behandelt. Die Fertigfabrikate A. c. sind die Gegenstände, die hier zu behandeln sind.

- 1. Zerreißversuch,
- 2. Elastizitätsbestimmung,
  - I. Streckversuch,
  - II. Schlagversuch (Stoelastizität)
- 3. Eindruckhärtebestimmung,
- 4. Zermürbungsversuch.

## 1. Zerreißversuch

## Probenform:

## a) Ringe.

α) »Große Normalringe« 52,6 mm äußerer, 44,6 mm innerer Durchmesser, 6 mm Dicke,

β) »Kleine Normalringe« 44,6 mm äußerer, 36,6 mm innerer Durchmesser, 6 mm Dicke (aus den Abfallscheiben der großen Normalringe entnommen),

γ) Ringe anderer Abmessungen, wenn Normalringe nicht entnommen werden können.

## b) Sonstige Probenformen (stab-, band-, streifen- oder fadenförmige Proben) in Fällen, in denen die Entnahme von Ringen nicht möglich ist.

## Probenherstellung

Zu a α) und β): Große und kleine Normalringe werden aus 6 mm dicken Platten mittels der Schopperschen Stanze ausgestanzt. Ausschneiden mit Kreismesser oder auf der Drehbank ist zulässig. Auch in Form vulkanisierte Ringe können Verwendung finden, sofern sie in bezug auf genau geometrische Form und Abmessungen den obigen Normalien entsprechen. Soweit 6 mm dicke Platten nicht vorliegen, werden sie aus massiven Stücken auf der Drehbank abgestochen. Wo geeignete Vorrichtungen und Erfahrungen vorliegen, können bei Vulkanisaten, die sauber abschleifbar sind, die Ringe, wie im folgenden Abschnitt zu a γ) angegeben, auch aus Schläuchen entsprechender Abmessung auf der Drehbank abgestochen werden.

Zu a γ): Ringe abweichender Abmessungen, z. B. aus Schläuchen, werden auf der Drehbank abgestochen; der Schlauch wird dabei auf einen Holzdorn aufgezogen und nötigenfalls vor dem Abstechen der Ringe zylindrisch geschliffen. Die Ringe sind dabei möglichst auf 6 mm Breite (entsprechend der Plattendicke von 6 mm bei Normalringen) abzustechen.

Zu b): Soweit Ringe sich nicht aus dem zur Verfügung stehenden Material entnehmen lassen, können ausnahmsweise auch stab-, band-, streifen- oder fadenförmige Proben entnommen werden. Die Abmessungen richten sich nach dem zur Verfügung stehenden Material, nach Möglichkeit ist der Querschnitt der Normalringe anzustreben.

Einen besonderen Fall bilden die Hüllen von isolierten Leitungsdrähten. Von den Drähten sind Abschnitte von rund 150 mm Länge zu entnehmen, und die Hüllen vom Draht abzuziehen. Ist das Abziehen nicht ohne weiteres möglich, so sind die Abschnitte mehrere Tage in Quecksilber zu legen. Läßt sich die Hülle auch dann noch nicht abziehen, so muß die Prüfung nach anderen, von Fall zu Fall zu vereinbarenden Versuchsverfahren durchgeführt werden.

## Versuchsausführung

Die Zugversuche werden auf dem Kautschukprüfer Schopper-Dalén ausgeführt. Bei Normalringen ist nach Möglichkeit das Dehnungsschaubild mit aufzunehmen.<sup>2</sup> Der Versuch ist mit gleichbleibender Streckgeschwindigkeit, tnlichst mit 250 bis 350%/Min. durchzuführen. Die angewendete Streckgeschwindigkeit muß im Protokoll angegeben werden. Kleinere Ringe als 36,6 mm Durchmesser werden nicht über die sich drehenden Normaleinspannrollen, sondern über feststehende Haken gelegt; die Ringe sind dann zur Verminderung der Reibung auf den Aufлагestellen an der Innenseite reichlich mit Talkum einzureiben.

Stab- und streifenförmige Proben können mit Erfolg nur aus solchen Materialien zuverlässig geprüft werden, die soviel Füllstoffe haben, daß nicht Bruch in der Einspannung eintritt. Zur Dehnungsmessung sind bei stab- und streifenförmigen Proben Marken anzubringen, an denen die Dehnung mittels Anlegemillimetermastabes gemessen wird. Die Einspannung der Proben erfolgt in be-

<sup>2</sup> Vgl. A. Schob, »Das Spannungs-Dehnungsschaubild beim Zerreißversuch mit Weichgummi«, Gummi-Ztg. (19. Januar 1923) S. 235



sonders hierfür herzustellenden Einspannbacken, die an Stelle der Einspannrollen in den Kautschukprüfer Schopper-Dalén eingebaut werden.

Die Prüfung abgezogener Hüllen von isolierten Leitungsdrähten kann ebenfalls im Schopper-Dalén-Kautschukprüfer ausgeführt werden, mit Hilfe einer Einspannvorrichtung, die derjenigen des Gummihüllenprüfers Bauart Schob entspricht. An Stellen, an denen solche Prüfungen regelmäßig vorkommen, empfiehlt es sich, letztgenannten Apparat (von Schopper gebaut) zu verwenden.

## 2. Elastizitätsbestimmung

### I. Streckversuch

Probenform:

- a) große Normalringe,
- b) Proben wie unter 1 b).

Probenherstellung:

Wie unter 1.

Versuchsausführung:

Zu a) Apparate:

- a) Dehnungsmesser Martens-Schopper,
- β) Streckvorrichtung von Schopper (kann auch mit einfachen Mitteln selbst hergestellt werden).

Der große Normalring wird im Dehnungsmesser Martens-Schopper (α) mit kleinen Gewichten unter Drehung der oberen Rolle von Hand, soweit belastet, bis die Rollenmittentfernung 30 mm beträgt. Darauf wird der Ring 1 Stunde lang auf 50 % der beim Zerreiβversuch ermittelten Bruchdehnung in der Streckvorrichtung (β) gestreckt. 5 Minuten und 24 Stunden nach der Entspannung wird dann mit dem anfänglich festgestellten kleinen Anhängewicht im Martens-Schopper-Apparat (α) der Dehnungsrest festgestellt.

Zu b) Apparat:

einfaches Holzbrett mit Klemmbacken.

Die stab- oder streifenförmigen Proben werden vor dem Versuch mit Marken zur Dehnungsmessung versehen. Nach einstündiger Streckung auf halbe Bruchdehnung wird entspannt und 5 Minuten und 24 Stunden nach der Entspannung der Dehnungsrest gemessen.

### II. Schlagversuch (Stoβelastizität).

Probenform:

Scheiben von 0,60 mm Dicke: Abfallscheiben der großen oder kleinen Normalringe; Abweichungen im Durchmesser der Scheiben in weiten Grenzen zulässig.

Probenherstellung:

(Abfallscheiben der Normalringe.)

Versuchsausführung:

Elastizitätsprüfer (Pendelhammer 5 cm/kg) Bauart Schob,<sup>3</sup> von Schopper ausgeführt.

Die Proben sind vor dem Versuch sorgfältig mit Talkum einzureiben. Gearbeitet wird in der Regel mit voller Fallhöhe des Pendels. Abgelesen wird unmittelbar die Rückprallhöhe des Pendels in % der Fallhöhe =  $\eta_{el}$  (elastischer Wirkungsgrad). Bei Proben, deren Dicke vom Normalmaß 6 mm nicht mehr als  $\pm 1$  mm abweicht, sind die Ablesungen von  $\eta_{el}$  auf 6 mm reduzierbar, bei

voller Fallhöhe des Pendels nach der Formel: Ablesung mal  $\frac{11}{s+5}$ , bei halber

Fallhöhe des Pendels: Ablesung mal  $\frac{15}{s+9}$ , worin s die Probendicke in mm

<sup>3</sup> Mitt. M.P.A. (1919) S. 227 und Gummi-Ztg. (1920) S. 995

bedeutet. Wegen starker Abhängigkeit des elastischen Wirkungsgrades von der Temperatur ist als normale Versuchstemperatur  $+20^{\circ}$  C einzuhalten; Abweichungen hiervon sind im Versuchsprotokoll anzugeben.

### 3. Eindruckhärtebestimmung

Proben: Normal 6 mm dick (Abfallscheiben der Normalringe), abweichende Probendicken sind im Versuchsprotokoll anzugeben. Sofern der Versuch an einem fertigen Gebrauchsstück ausgeführt wird, sind über die Versuchsanordnung entsprechende Angaben im Versuchsprotokoll zu machen.

Versuchsausführung: 10-mm-Stahlkugel mit 1000 g belastet, Eindruckdauer 30 Sekunden, Ablesung der Eindrucktiefe nach 5 und 30 Sekunden in  $\frac{1}{100}$  mm.

### 4. Zermürbungsversuch

Proben: Kugeln von 30 mm Durchmesser.

Probenherstellung: Würfel von 32 bis 33 mm Kantenlänge mit dem Messer aus einem fertig vulkanisierten Block herausschneiden; Kanten und Ecken abschneiden; auf Planschmirelscheibe soweit als möglich kugelförmig und auf Maß schleifen; zuletzt auf halbkugelförmig ausgehöhlter Schmirgelscheibe fertig schleifen. Die Kugeln in Kugelform fertig zu vulkanisieren ist unzulässig.

Versuchsausführung: Zermürbungsprüfer von Martens<sup>4</sup>, Belastung kann von 12,5 zu 12,5 kg bis 100 kg variiert werden. Übliche Belastungen 50 und 62,5 kg. Als Maßstab gilt Zahl der Umläufe des Apparates, bis die Kugel aufplatzt. Umlaufzahl über 30 000 zu steigern, ist wegen der starken Oberflächenabnutzung der Kugel nicht zweckmäßig; gegebenenfalls höhere Belastung wählen. Normale Umlaufgeschwindigkeit des Apparates 85 je Minute.

### Anwendung und Bedeutung der einzelnen Versuchsarten

An erster Stelle steht der Zugversuch. Er gibt, besonders wenn das Spannungs-Dehnungsschaubild mit aufgenommen wird, vielseitigen Aufschluß über die Materialeigenschaften, so daß bei ausreichender Erfahrung, wenn auch nicht mit zahlenmäßiger Bestimmtheit, so doch mit guter Schätzung aus dem Charakter des Spannungs-Dehnungsschaubildes auf das Verhalten des Materials bei den anderen Versuchsarten geschlossen werden kann, was wichtig ist, wenn nur wenig Material für die Untersuchung zur Verfügung steht. Der Zugversuch sollte daher, wenn irgend möglich, stets ausgeführt werden.

Der Streckversuch gibt neben dem Spannungs-Dehnungsschaubild des Zugversuchs hauptsächlich einen Anhaltspunkt für den Vulkanisationsgrad. Bei stark füllstoffhaltigen Materialien gehen die Proben häufig vor Ablauf der einstündigen Streckung zu Bruch; Proben aus Regeneraten reißen auch bei geringen Füllstoffgehalten in der Regel vor Ablauf einer Stunde.

Die Stoßelastizität wird im allgemeinen wenig durch den Vulkanisationsgrad beeinflusst. Sie nimmt in der Regel mit zunehmendem Füllstoffgehalt ab, jedoch spielt natürlich die Art der Füllstoffe eine wesentliche Rolle.

Die Eindruckhärtebestimmung ist die einzige Versuchsart, für die besondere Proben nicht hergestellt zu werden brauchen, die also am fertigen Stück, ohne Zerstörung des Stückes durch Probeentnahme, ausgeführt werden kann. Erforderlich ist jedoch, daß die Proben eine ebene Oberfläche haben und möglichst nicht unter 6 mm dick sind.

Der Zermürbungsversuch hat große Bedeutung für stark beanspruchte Materialien, wie Vollreifen-, Protektor-, Puffer-Mischungen usw.

Soweit ein Abschleifversuch zur Beurteilung von Weichgummi herangezogen wird, müssen über die Versuchsausführung in jedem Falle Vereinbarungen getroffen werden.

<sup>4</sup> Mitt. M.P.A. (1912) S. 140



## Bemerkungen und weitere Angaben und Ausführungsformen zu den Normen

### 1. Zerreißversuch

#### Probenformen

Die Versuchsergebnisse werden durch die Form und Größe der Proben wesentlich beeinflußt. Eine unmittelbare Vergleichbarkeit der an verschiedenen Prüfungsstellen gewonnenen Versuchsergebnisse wird sich daher nur ermöglichen lassen, wenn eine bestimmte Probenform den zu vergleichenden Ergebnissen überall zugrunde liegt. Eine ausreichende Einheitlichkeit kann daher nur erzielt werden, wenn die anzuwendende Probeform nach getroffenen Vereinbarungen gewählt wird bzw. wenn für jeden Vergleichsfall eine durchaus einheitliche Gestalt und Herstellungsart derselben innegehalten wird.

a) **Stabförmige Proben.** Neben der heute allgemein eingebürgerten Ringprobe wird im Bedarfsfall vereinzelt noch der ältere stabförmige Probekörper verwendet (Abb. 26). Der Probekörper von prismatischer

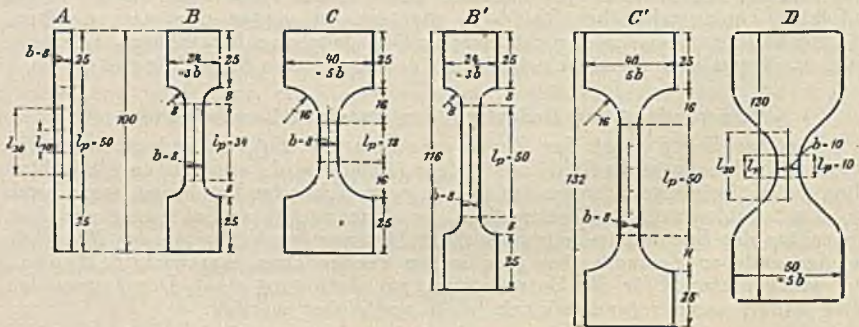


Abb. 26. Verschiedene Stabproben

Form mit oder ohne Einspannkopf wird aus der Gummiplatte oder dem Werkstück, so wie es vorliegt, ausgestanzt. Bänder und Fäden werden in besonderer Aufhängung der Prüfung unterworfen. Unterwirft man die in Stab-, Band- oder Fadenform vorliegenden Probestücke der Prüfung nach irgendeinem der angegebenen Zerreißversuche, so ergeben sich immer wieder die Schwierigkeiten, daß Stanzstcke mit scharf profilierten Kanten schwer zu erhalten sind, und daß ferner alle diese Prüfstücke die üble Eigenschaft besitzen, während der Versuche aus den Klemmbacken der Versuchsmaschine herauszugleiten bzw. Masse in den Prüfteil abzugeben oder beim Aufrollen auf die Tragrolle durch den aufgewickelten Teil mit beeinflußt zu werden. Aus diesen Gründen wendet man die Stabprobe nur da an, wo das Ausstanzen der Proberinge in einer der vorgeschriebenen Größen nicht möglich ist. Stanzmesser für normale Probekörper werden u. a. von Schopper (z. B. Abb. 27) gebaut und wie bei Ringproben beschrieben angewendet.

b) **Ringförmige Proben.** Bei der Herstellung der ringförmigen Probe, kommen drei Verfahren in Frage:

1. Vulkanisieren in der Ringform.
2. Herausschneiden aus Platten.
  - a) Durch Stanzen mittels ringförmiger Stanzmesser.
  - b) Durch Herausschneiden mittels umlaufender Messer.
3. Abstechen von Schläuchen.

Das Vulkanisieren in Ringform wird nur in besonderen Fällen, z. B. bei Rohgummivergleichen und auch da nicht gern angewendet werden, weil



Abb. 27. Stanzmesser von Schopper



Abb. 28. Einfache Stanzpresse von Schopper

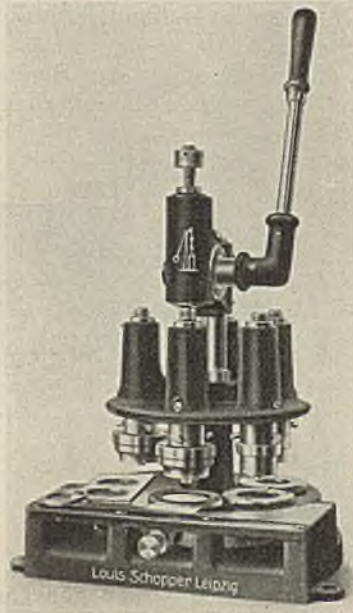


Abb. 29. Revolver-Stanzpresse von Schopper

sie von der Art des Einlegens der Masse und sonstigen imponderablen Ungleichmäßigkeiten bei der Herstellung beeinflusst wird, die auch ein Nacharbeiten der Ringe häufig erforderlich machen. Noch wichtiger ist aber die vielfach übersehene Beobachtung, daß die homogene, den Ring allseitig umgebende, gegen die Metallform sehr zuverlässig ausvulkanisierte Haut den Wert der Prüfung stark beeinflussen kann. Die leicht und sauber durchzuführende Art des Ausstanzens (die Abb. 28 zeigt die Bauart der einfachen Stanzpresse von Schopper) der Normalringe leistet bei der jetzigen Bauart der Stanzpresse nach Schopper volle Gewähr für normgerechte Abmessung der Prüfstücke. Die jetzige Bauart der Stanze, bei der die Messer und Zentrierringe auf einem Revolverkopf an-



geordnet sind, so daß das Ein- und Ausbauen der verschiedenen Messer fortfällt, ist durch die Abb. 29 ohne weitere Beschreibung erkennbar. An Stelle des Stanzmessers kann (vgl. oben) das Ausschneiden der Ringe in normaler oder abweichender Form auch auf der Drehbank oder mit dem Kreismesser (Abb. 30) erfolgen. Da wo die fertigen Gebrauchsgegenstände die Entnahme der normgerechten Probestücke nicht ermöglichen, sind bei der Lieferung oder zur Kontrolle im Werk Probepplatten herzustellen. Diese müssen die normale Dicke haben und aus Abschnitten der Hauptmischung im gleichen Vulkanisationsgang mit demselben hergestellt sein (vgl. Kapitel Mischungswesen). Die Platten von 6 mm Dicke sind zweckmäßig in solchen Abmessungen herzustellen, daß die erforderliche Anzahl Proben (mindestens je 4, unter deren Ergebnissen keine Auswahl zu treffen ist) für die Parallelversuche entnommen werden kann.

Ein anderes Problem der Herstellung von Ringen für die Abnahmeprüfung ist die aus z. B. Vollreifen oder anderen massiven Fertigwaren

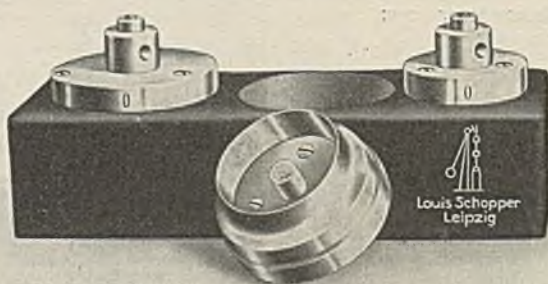


Abb. 30. Kreismesser

Normringe herauszuarbeiten (siehe Abb. 31). In solchen Fällen schneidet man zunächst von Hand einen Gummiblock von 60 bis 65 mm Durchmesser, klebt ihn mittels Klebwaxes auf eine Holzscheibe, die in ein Drehbankfutter eingespannt ist und sticht nun mit einem schlanken und spitzem Messer, das mit Seifenwasser befeuchtet ist, die Ringe aus. Das Abstechen von Ringen aus Schläuchen geschieht nach demselben Prinzip, nur daß ein Holzkern in das Drehfutter eingespannt wird (vgl. Abbildung 32), dessen Abmessungen so gewählt sein müssen, daß der aufgezogene Schlauch fest sitzt, ohne gedehnt zu werden. Diese Art des Abstechens von Vergleichsrings kann nur angewendet werden bei Schläuchen und schlauchartigen Gegenständen, die eine genügend form-sichernde Wandstärke haben. Zu den Abmessungen der Normal-Probeform ist den oben angegebenen Normen nichts hinzuzufügen. Die Ringform und die Dehnart auf der sich drehenden Tragrolle sind unabhängig voneinander und gleichzeitig von Dalén im Staatlichen Materialprüfungsamt sowie von Frank-Markwald mit dem Konstrukteur der Zerreißapparatur Schopper entwickelt. Die Apparatur trägt den

Namen Schopper-Dalén, der grundlegenden wissenschaftlichen Auswertung der Arbeiten, die im Staatlichen Materialprüfungsamt durchgeführt wurden, entsprechend.

Memmler und Schob haben eingehend den Einfluß der verschiedensten Abmessungen der Ringe (Dicke, Breite und Durchmesser) auf die Ergebnisse beim Zugversuch geprüft. Die Ergebnisse dieser Forschungen und die anderer Wissenschaftler, wie z. B. von Breuil und Stewart<sup>5</sup>,

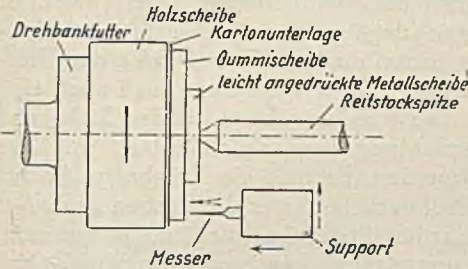


Abb. 31. Herstellen von Proberingen durch Ausstechen auf der Drehbank

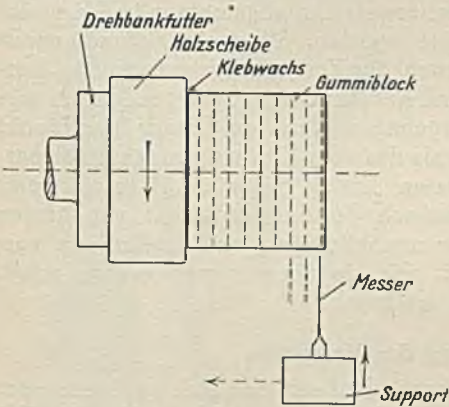


Abb. 32. Abstechen von 6 mm dicken Scheiben auf der Drehbank

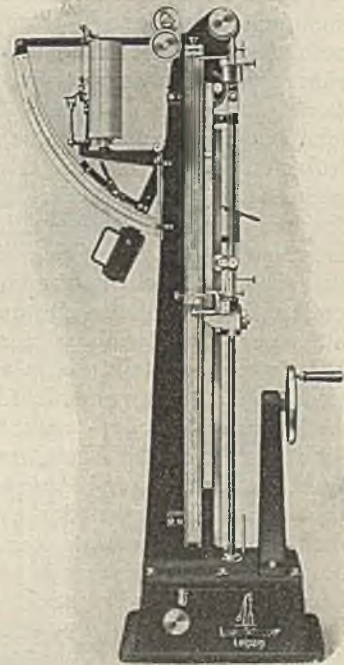


Abb. 33. Kautschukprüfer Bauart Schopper-Dalén

finden in den oben angefuhrten Vereinbarungen des »Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik« ihre Berücksichtigung. Nach diesen eingehend belegten Arbeiten sind in Holland, England, Bureau of Standard USA. und Frankreich mancherlei weitere Arbeiten ausgeführt, die in der Hauptsache das vorhandene Material bestätigen und ergänzen.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Caoutch. et Guttap. 56 (1904) Nr. 3 und Bull. Musée Ind. Belg. 57 (1870) Nr. 5  
<sup>6</sup> Z. B. Jones, Trans. I.R.I. (1931) S. 48, der die Ergebnisse der Bureau of Standard- und der Schopper-Maschine vergleicht und auf die Bedeutung der Schnittichtung bei nicht ringförmigen Proben wiederum hinweist.



Der gleiche Bearbeiter gibt in einer wenig späteren Arbeit<sup>7</sup> dem Ring eine andere Form. Er deduziert, daß die Schoppermaschine die durchschnittlichen Querschnitte und Längenzunahmen des inneren Durchmessers der Ringe messe. Er verwendet, um seiner Beobachtung nach den ungleichen Zug und dadurch entstehende Beobachtungsstreuungen auszuschneiden, etwas exzentrisch geschnittene Ringe. Die Breite der Ringe sollte daher an der einen Seite 5 mm und an der gegenüberliegenden 3 mm betragen. Er erhält angeblich einheitliche Werte und berechnet die Bruchlast auf den kleinsten Querschnitt. Er hält seine Prüfwerte auch deswegen für günstig, weil er eine gute Übereinstimmung mit den Werten der hantelförmigen Normstücke der Prüfmethoden des Bureau of Standard erhält. Hier wäre dann auch noch eine frühere Vergleichsarbeit von Jones<sup>8</sup> zu erwähnen, in der Stab- und Hantelproben in Zug- und Querrichtung zum Kalandergang mit den Schopper-Ringformen verglichen werden. Er hält die Ergebnisse beider Prüfmarten für um so geringer im Prüfwert, je härter die Proben sind. Auf solche Sonderfälle soll eine Standardmethode aber nicht aufgebaut sein. Überhaupt sind allgemeine Literaturangaben über besondere Misch- und Arbeitsarten für allgemeine Ausdeutung vollauf belanglos, auch deshalb, weil sie meist nicht systematisch vergleichend mit je einer Variablen, sondern merkwürdiger- und unlogischerweise im allgemeinen im Vergleich mit mehreren Variablen ausgeführt werden. Wer eine grundlegende Arbeitsweise mitteilt, sollte sich auch die Zeit zur systematischen Versuchsarbeit nehmen und nicht hin und her jonglieren, um irgendein im voraus gewünschtes oder gedachtes Ergebnis zu erzielen. Dieser Standpunkt gilt allgemein in den Ausführungen als das vom Verfasser eingesetzte persönliche Moment und zwingt letzten Endes bei allem Vorteil freier Arbeit des Tüchtigen zur systematisch geduldigen Arbeit von klaren Fachleuten in einem starken, aber unabhängigen Institut für jede vergleichende und forschende Arbeit, wie sie auch immer heißen möge. Auch einheitliches Prüfgerät wäre erwünscht.

### Die Ausführung des Versuches

Zur Durchführung der Streckversuche bedient man sich am besten der Schopper-Dalén'schen Gummiprüfmaschine (siehe Abb. 33). Die Maschine ist bis auf die Größe des Dehnbereiches und die Art der Aufhängung in Übereinstimmung mit anderen Zerreißmaschinen Schoppers. Sie hat eine vertikale, von Hand, elektrisch oder hydraulisch angetriebene Zugachse für eine Kraftleistung bis 250 kg. Um die Ausschlagmessung der Neigungswaage besser, auch bei geringeren Belastungen, übersehen zu können, ist manchmal eine doppelte Skala vorhanden. Die erstere ist für das Hauptgewicht etwa bis 100 kg eingestellt, und die zweite dient der größeren Belastung, für die ein Zusatz- oder Ersatzgewicht angewendet wird. Das Pendel der Neigungswaage läuft über Sperrklinken und wird dadurch beim Bruch des Probekörpers auf die

<sup>7</sup> Trans. I.R.I. 7 (1931) S. 67

<sup>8</sup> Trans. I.R.I. 7 (1931) S. 48

durch die Spannung erreichte Höchstlage festgehalten. Der für die Kautschukprüfung wichtigste Teil ist die Aufspannung des ringförmigen Probestückes. Diese geschieht so, daß der Probering über drehbare Einspannrollen gelegt wird. Er wandert während der ganzen Dauer des Versuchs über die Rollen, dadurch, daß die untere Rolle an einer Zahnstange geführt wird, und so zwangsläufig die drehende Bewegung auch der oberen, in Kugeln gelagerten Rolle mitbewirkt. So wird eine gleichförmige Verteilung der Zuglast gewährleistet. Der Apparat Schopper kann durch die leicht bewirkbare Änderung der Aufhängevorrichtung auch zur Stab- und zur Fadenprüfung umgeändert werden.

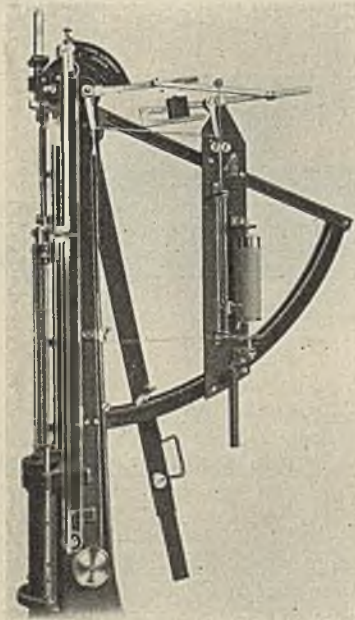


Abb. 34. Schopper-Diagrammapparat nach Prof. Schob zum selbsttätigen Aufzeichnen von Zugspannungen und Dehnungen

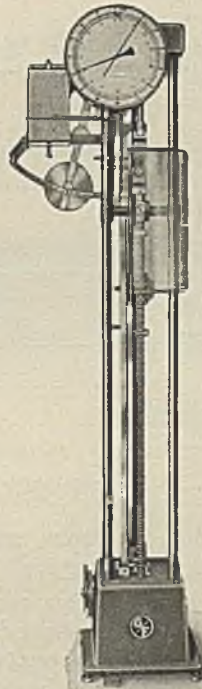


Abb. 35. Zerreißmaschine (Gesellschaft für Feinmechanik m. b. H., Mannheim)



Abb. 36. Zugfestigkeitsprüfer für Weichgummi im Bureau of Standards (USA.)

In allen Fällen ist die Aufzeichnung durch den automatischen Schreiber (s. weiter unten) immer im gleichen Maßstab für die auf den Anfangsquerschnitt bezogene Belastung  $\text{kg/qcm}$ , wenn die verschiedenen  $r$  umgekehrt proportional dem jeweiligen Anfangsquerschnitt der verschiedenen Proben am Lineal eingestellt sind. (Auf ein weiteres theoretisches Einzeleingehen muß hier verzichtet und auf das klassische Werk der



Kautschukwissenschaft, dem ich der Anpassung und Übersicht wegen vieles entnehmen muß, durchaus hingewiesen werden.)

Die Messung der Dehnung erfolgt dadurch automatisch, daß seitlich von den Einspannrollen sich eine Skala befindet, die mit Teilung in Millimetern und Prozenten des normalen Ringmaßes versehen ist. Sie wird in einer Führungsleiste durch einen mit der unteren Einspannrolle verbundenen Mitnehmer abwärtsbewegt. An der oberen Einspannrolle, die ja mit der Neigung des Gewichtspendels ihre Lage etwas verändert, befindet sich ein Zeiger mit Nonius, der die Ablesung der Dehnung auch während des Versuches zuläßt. Eine einfache Ausklinkung schaltet die Bewegung

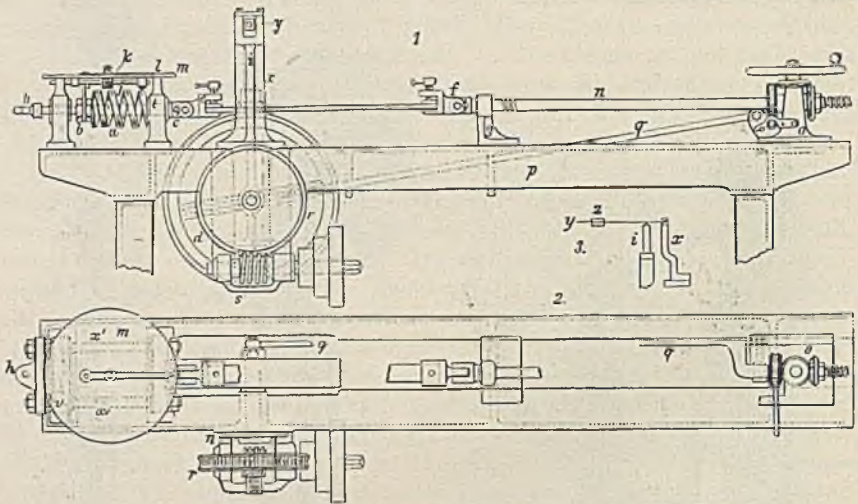


Abb. 37. Dynamometer Breuil-Cillard (P. B.)

der Skala beim Reißen der Probe aus, so daß der obere Zeiger die beim Bruch erreichte Dehnung anzeigt.

Ein von Schob konstruierter selbsttätiger Schaulinienzeichner (Abbildung 34) verzeichnet die Formänderungskurve des Ringes sowohl bei der Be- wie auch bei der Entlastung in den vielen Fällen, in denen nicht auf Zerreißen, sondern nur auf bestimmte Dehnung geprüft wird. (Siehe auch »Streckversuch und Hysteresis«). Die Geschwindigkeit, die, wie schon erwähnt, einen erheblichen Einfluß auf die Resultate des Zerreißen- und Streckversuches hat, wird so gewählt, daß, je nach der Dehnbarkeit des Materials, mit einer Streckung von 250 bis 350%/Min. gearbeitet wird. Auch hier liegt eine Reihe von Arbeiten vor, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Zu erwähnen ist die Arbeit von Somerville und Cope.<sup>9</sup> In dieser Arbeit wird in einer einfachen Anordnung die Messung des Einflusses des Temperaturfaktors vorgeschlagen. Es wird dazu die Beanspruchung der Probe in einem mit Schauglas versehenen Gefäß durchgeführt. In dem Gefäß befindet sich die indifferente,

<sup>9</sup> I.R.W. (November 1928) S. 64 ff.

gekühlte oder durch Tauchsieder beheizte Badflüssigkeit. Der Apparat dient besonders für Dauerstreckversuche, ist aber auch für die Zerreißversuche wichtig, da, wo thermische Einflüsse zu berücksichtigen sind.

Die Festigkeitsprfmaschine der Gesellschaft für Feinmechanik, Mannheim, die unter Benutzung hnlichartiger Grundlagen konstruiert ist wie das Schoppersche Prüfgerät, muß hier Erwähnung finden (Abb. 35); sie dient in gleicher Weise der Bestimmung der Zerreißfestigkeit und Dehnung für ring-, stab- und fadenförmige Probe-stücke, wobei die andererseits gegebenen Normen beibehalten werden. Der Antrieb geschieht von Hand oder elektrisch. Die Belastung (Zugkraft) liegt zwischen 30 und 150 kg. Das Meßbereich der Einspannlänge ist 750 mm. Das Gerät ist mit Schnellrücklauf und Diagrammapparat versehen.

Das Bureau of Standards in Washington verwendet eine andere Maschinenart für die Prüfung von Weichgummigegegenstnden. Dieser



Abb. 38.

Apparat vermag Kräfte bis zu 125 lbs. (57 kg) zu messen (Abb. 36) und gestattet es, daß stabförmige (hantelförmige) Kautschukproben in Klemmbacken, die sich bei zunehmender Dehnung automatisch immer fester schließen, angewendet werden. Brüche sind an dieser Art Einspannung an den Klemmbacken vielfach unvermeidbar. In dieser Maschine können gelegentlich auch Prüfungen von ringförmigen Proben ausgeführt werden. Dieser amerikanische Zugfestigkeitsprfer<sup>10</sup> bt die Zugkraft nicht durch Neigungswaage, sondern durch ein im Unterteil des Prüfers angeordnetes Schneckengetriebe aus. Dasselbe wird durch einen Elektromotor bedient. Als Kraftmesser dient das Federdynamometer. Die Anordnung gestattet auch jede Art von Rckgangsmessung und Geschwindigkeitsänderung bei der Streckung und beim Rückgang.

Das vielseitig verwendbare Dynamometer von Breuil-Cillard (siehe Abb. 37) ist eines der ersten Prüfgeräte gewesen, um Zug-, Druck- und Biegeversuche auszuführen. Ferner kann die Plastizität plastischer Körper, Abnutzungsgrad, Reibungskoeffizient u. a. auf der gleichen Maschine bestimmt werden.

Die älteren Prüfgeräte von Delaloe, C. O. Weber und anderen können heute unerwähnt bleiben. A. Schob hat zur Prüfung der Zerreißfestigkeit von

<sup>10</sup> Memmler, Handb. d. Kautschukwiss. S. 615



Gummihüllen an gummiisolierten Draht- usw. Leitungen einen von Schopper ausgeführten Apparat konstruiert, den die Abb. 38 zeigt.

Gummibänder und Gummischnüre werden nach einem Vorschlag von Schob in einem von Schopper gebauten Apparat so geprüft, daß die Enden, wie es in Abb. 39 dargestellt ist, in zwei Walzen, die gleichen Durchmesser haben und parallel zueinander gelagert sind, eingespannt werden. Die Walzen drehen sich durch Antrieb in entgegengesetzter Richtung. Auf den Achsen der Rollen sind Spiralfedern angeordnet, durch die die gebrauchte Zugkraft als Drehmoment mit einem empirisch festgelegten Maßstab gemessen wird.

## 2. Elastizitätsbestimmung

### Streckelastizitätsproben

Unter Elastizität fester Körper versteht man allgemein die Eigenschaft eines Körpers nach einer unter Einfluß äußerer Kräfte entstandenen Formänderung nach dem Aufhören der Einwirkung dieser Kräfte, die



Abb. 39. Verfahren zur Prüfung von Gummibändern und -schnüren nach A. Schob

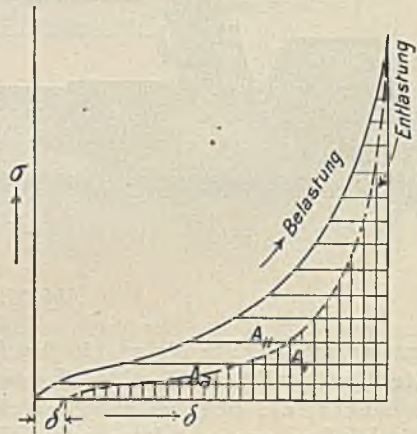


Abb. 40. Hysteresis

vorher vorhanden gewesene Form wieder anzunehmen. Der vulkanisierte Kautschuk hat die Eigenschaft, diesem Ideal der Elastizität sehr nahe zu kommen. Da die Verwendungsmöglichkeit einer großen Reihe von Kautschukwaren auf den elastischen Eigenschaften beruht, ist die Prüfung zu 2., Elastizitätsbestimmung von einer besonderen Wichtigkeit. Die Prüfung wird ausgeführt durch erstens Streck- und zweitens Schlagversuche (vgl. oben).

### Streckversuche

Zur Ausführung der Streckversuche dienen die Probenormen irgendeiner Normart, wie sie oben für die Zerreißprüfung angegeben sind, und die gleichen Prüfgeräte. Hinzukommen die Geräte, die besonderen Anforderungen dienen. Das Gerät, das der Mehrheit der Streckversuchsprüfungen genügt, ist der Kautschukprüfer Schopper-Dalén. Der-

selbe gibt, besonders wenn er mit dem Schaulinienzeichner, Bauart Schob, ausgestattet ist, durch die Kurvenaufzeichnungen (Dehnungs- und Entlastungskurve) ein sehr genaues Bild, oder besser gesagt, Vergleichsbild für die Elastizitätsbewertung einer Kautschukprobe. (Kurve aus den Arbeiten von Schob, Gummi-Ztg. 1920, Seite 995 und Abb. 40.) Ein weiteres einfaches Gerät ist der Dehnungsmesser nach Martens-Schopper. Die Meßweise besteht darin, daß bei Ringformen die Ringe vor dem Versuch über zwei Rollen (Abb. 41) gelegt und soweit belastet werden, daß die Entfernung der beiden Rollen 30 mm beträgt. Danach wird unter Belastung gestreckt, und nach dem Streckversuch wird die Einstellung der Ringe mit der Anfangsbelastung wiederholt und die Längung nach 5 und 60 Minuten sowie nach 24 Stunden an der Meßschiene bestimmt. Mit den stab- und bandförmigen usw. Probestücken wird gleichartig bei entsprechender Einspannung verfahren, ohne die messende Vorspannung, die bei den Ringen erforderlich ist. Die Längung, das ist die bleibende Dehnung, ist ein wichtiger Bewertungsmaßstab besonders für Vergleichsverwendungswertung.<sup>11</sup>

Der zwischen Be- und Entlastung auftretende Arbeitsverlust wird mit Hysterisis bezeichnet und wird dargestellt z. B. durch das Kurvenbild 40, in dem die senkrecht und waagrecht schraffierte Fläche A, die von der Probe bei Entlastung nach außen abgegebene, also wiedergewonnene Arbeit bezeichnet. Die theoretischen Ausführungen zur Hysterisis betreffend, vgl. A. Schob.<sup>12</sup>

Es mag erwähnt sein, daß Weise<sup>13</sup> die Ansicht ausspricht, daß ab 100% Dehnung eine starke Ordnung der Moleküle im Kautschuk eintritt, die sich auch in der Röntgeninterferenz ausdrücke. Hierzu kann wohl auch auf die Ausführungen von Hermann und Gerngroß<sup>14</sup> verwiesen werden, die, wenn sie auch zunächst nur theoretisches Interesse haben, doch der Entwicklung dienen können, wenn auch bisher nur hypothetisch.

Für Dauerzugprüfungen wird die Breuil-Cillard-Maschine und allgemeiner die Versuchsmaschine Bauart Martens-

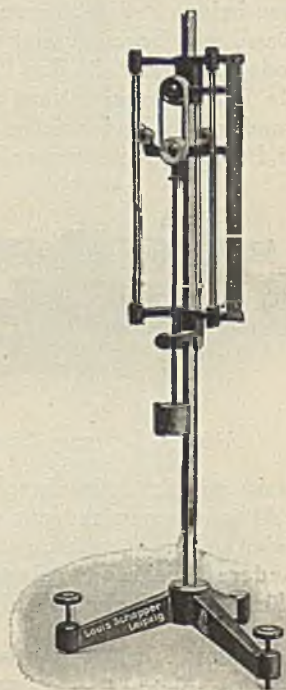


Abb. 41. Dehnungsmesser nach Martens (L. Schopper, Leipzig)

<sup>11</sup> Vgl. auch »Streckproben«, Circ. (1927), Bur. Stand. (1927) Nr. 38

<sup>12</sup> Mitt. M.P.A. (1919) S. 282 ff., Gummi-Ztg. (1920) S. 995 und Handb. d. Kautschukwiss. S. 636

<sup>13</sup> Kautschuk 8 (1932) S. 106 ff.

<sup>14</sup> Kautschuk 8 (1932) S. 181



Schopper (Abb. 42) verwendet. In derselben werden die normalen Gummiringe durch genau geregeltes und registriertes Spannen abwechselnd belastet und entlastet. Die Zahl der Beanspruchungen wird am Zählwerk registriert. Bei Bruch der Probe bleibt das Zählwerk stehen und die Beanspruchungszahl, die einen Abnutzungs- und Elastizitätsvergleichswert darstellt, kann abgelesen werden. Hinzuweisen ist auch darauf, daß die Führung der Probekörper vielfach zweckentsprechend variiert werden kann auf dem Dauergleit- oder Beanspruchungsweg (z. B. Abb. 43).

Diese beiden Prüfarten zur Elastizitätsbewertung können durch äußere Einflüsse, wie Geschwindigkeit der Dehnung und Zusammensetzung der Luft oder der Gase, die den Prüfkörper umgeben, beeinflußt werden.<sup>15</sup> So konnte durch Dauerprüfung in verschiedenen Gasmedien eindeutig der alle anderen Einwirkungen überragende Einfluß des Sauerstoffs bei dieser Prüfart erwiesen werden. Auf diese Weise wird es dann auch zu-



Abb. 42. Schopper-Dauerzug-Versuchsmaschine nach Martens

verlässig möglich, für einzelne Anwendungszwecke zu Wertprüfungen über Alterungsschutzkörper und Antikatalysatoren zu kommen, die die normalen Alterungsprüfungen um ein Erhebliches unterstützen können. (Besondere Erfahrungen liegen im D u P o n t - Ermüdungsprüfer<sup>16</sup> vor, z. B. für Riemendecken, Laufflächen usw.)

#### Andere Elastizitätsbestimmungen an vulkanisierten Proben

a) **Stoßversuche.** Der die Hysteresis (den Elastizitätsverlust) besonders zuverlässig kennzeichnende Versuch ist der Stoßversuch. Für die Vergleichsprüfungen sind die Kugelfallprobe und die Pendelhammerprobe (Elastizitätsprüfer Sch o p p e r, Bauart S c h o b) besonders geeignet.

##### 1. Die Kugelfallprobe

Sie kann in zwei Richtungen ausgeführt werden. Entweder der Prüfkörper erhält Kugelform bestimmter Abmessung und fällt auf eine harte Platte, oder eine Metallkugel von bestimmter Abmessung und Gewicht fällt auf den plattenförmigen Gummiprüfling.

a) **Gummikugel als Fallkörper.** Eine Kugel, die aus der zu prüfenden Masse hergestellt wird (vgl. auch Zermübnungsversuch S. 121)

<sup>15</sup> D o r e y, Trans. I.R.I. 7 (1931) S. 158

<sup>16</sup> Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 1449

fällt aus bestimmter Höhe auf die Unterlage. Die Höhe, bis zu der sie zurückprallt, wird gemessen. Das Verhältnis  $\frac{\text{Rückprallhöhe}}{\text{Fallhöhe}} \times 100$  gibt

unmittelbar in Prozent den Hysteresisverlust bzw. den Elastizitätsvergleichswert. Die erhaltenen Werte sind, da die Prüfmethode mancherlei komplizierte Unsicherheiten einschließt, nur als Annäherungswerte zu betrachten. Als Apparatur kann ebenso wie für die Prüfung durch Metallkugelfall das Elastometer von Pierre Breuil, das auch von der Firma Cillard, Paris, gebaut wird, benutzt werden (Abb. 44).



Abb. 43. Hin- und Herbiegeversuch über Rollen

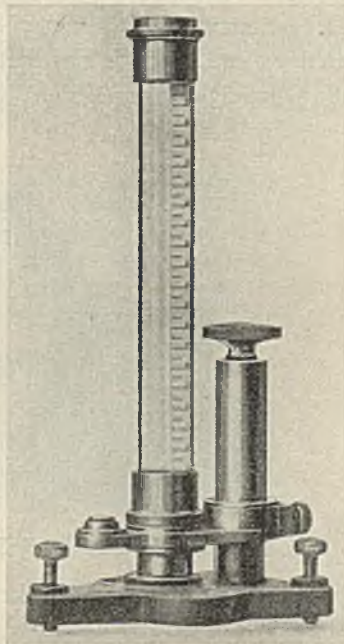


Abb. 44. Elastometer „P. B.“ von A. D. Cillard

β) Metallkugel als Prüfkörper. Eine Metallkugel (Durchmesser 10 mm, oder wenn abweichend für alle Versuche gleichmäßig) wird wie bei der in der Metallprüfung üblichen Skleroskopprobe (oder im Apparat-P. Breuil, Abb. 44) in ihrem Rückprallweg wie folgt beobachtet: Ein Rohr aus Glas oder einer durchsichtigen Kunstmasse (Cellon, Celluloid o. dgl.) ist mit Teilung versehen und senkrecht auf der Unterlageplatte des Apparates festgesteckt. Der zu prüfende Körper in der zu prüfenden Form, als Platte oder Formstück, wird unter die Beobachtungsröhre gebracht. Das Versuchsrohr ist am oberen Ende mit einer Irisblende versehen, die es gestattet, die aufgelegte Kugel zentrisch herabfallen zu lassen. Der Apparat wird mit der an ihm vorhandenen Wasserwaage genau senkrecht eingestellt. Nun wird die Kugel durch Öffnen der Blende gelöst und der durch die Elastizität des Gummikörpers bewirkte Rückstoß an der Teilung des Zylinders abgelesen.



Hock<sup>17</sup> hat noch eine andere Prüfung empfohlen, die auf die Messung der Wurfweite und des senkrechten Rückpralls beruht. Sie ist für vielerlei Zwecke sehr anwendbar, weil sie den subjektiven Beobachtungsfehler ausscheidet und genau meßbare Werte liefert.)

## 2. Pendelhammer, Bauart Schob (Schopper)

Die Verwendung des Pendelhammers zur Elastizitätsmessung von Weichgummi ist etwa gleichzeitig in Delft von I t e r s o n und in Berlin von S c h o b<sup>18</sup> entwickelt. Die Vorzüge des Prinzips dieser Art der Elastizitätsbestimmung gibt M e m m l e r in folgenden Sätzen:

1. Objektives und genaues Festhalten der Rückprallhöhe.
2. Große Genauigkeit der Ablesung, auch bei kleinen Rückprallhöhen.

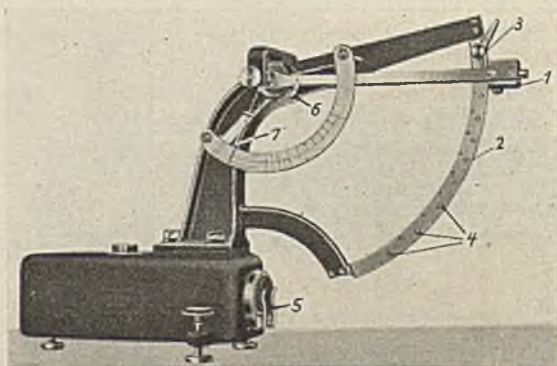


Abb. 45. Pendelhammer nach Schob (L. Schopper, Leipzig)

3. Bequemere Variationsmöglichkeiten in bezug auf die Größe der Stoßenergien.
4. Möglichkeit, in rascher Aufeinanderfolge und mit Zeitverbrauch von nur wenigen Sekunden für den Einzelversuch Untersuchungen vorzunehmen, so daß, ohne den Apparat selbst verschiedenen Temperaturen aussetzen zu müssen, die Probe auch bei Temperaturen, die erheblich von der Zimmerwärme abweichen, geprüft werden kann.

Die Abb. 45 zeigt den Apparat. Er hat 5 cm/kg maximale Schlagleistung. Das Stoßgewicht (1) als Pendellinse wird längs des Kreisbogens (2) in der Klinke (3), die in 10 Stellungen (4) am Kreisbogen verschoben werden kann, eingehängt. Die größte Fallhöhe bis (3) beträgt 25 cm. Beim Auslösen des Pendels schlägt es gegen die scheibenförmige Gummiprobe (5), die am Amboßgestell befestigt ist. Auf der Pendelachse ist ein

<sup>17</sup> »Beitr. zur Prüfung des elastischen Verhaltens von Kautschuk, Stahl usw.«, Z. Physik. (1925) S. 50

<sup>18</sup> Über die Konstruktionseinzelheiten vgl. A. S c h o b : Ein neuer Elastizitätsprüfer für Weichgummi. Mitteil. d. Staatl. Material-Prüfungsamtes (1919) S. 227

Mitnehmer (6) so angeordnet, daß er beim Rückprall einen Zeiger (7) auslöst, der den Rückweg begleitet und bei erreichter Höchststellung des Pendels stehenbleibt und die Ablesung des Rückpralles ermöglicht. Es kann dann der elastische Wirkungsgrad in Prozent der aufgewendeten

Arbeit direkt abgelesen werden aus  $\frac{\text{Rückprallhöhe}}{\text{Fallhöhe}}$  des Pendels bzw.  $\frac{\text{wiedergewonnene}}{\text{aufgewendete}}$  Arbeit. Über weitere Einzelheiten vgl. die oben zitierte Arbeit von Schob und Memmler.<sup>19</sup>

Natürlich ist Form, Dicke und Oberflächenbeschaffenheit des Probestückes von Bedeutung. Als Probestück dient im allgemeinen die aus dem Normalring ausgestanzte, 6 mm dicke innere Platte.

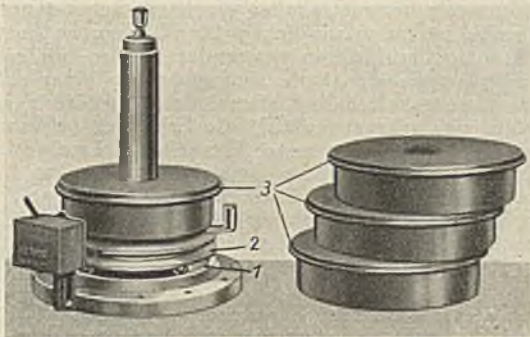


Abb. 46. Zermürbungsprüfer nach Martens (L. Schopper, Leipzig)

Dieselbe ist vor der Benutzung mit Alkohol und Benzin sorgfältig abzuwaschen. Das zur Reinigung der Probe mitbenutzte Talkum muß sorgfältig wieder beseitigt sein. Auch die Temperatur im Versuchsraum ist von beachtlichem Einfluß auf die Vergleichswerte der Prüfung.

b) **Zermürbungsversuche.** Eine besonders wichtige Dauerprüfung, die für stark beanspruchtes Gut eine gute Bedeutung erhalten hat, ist die Zermürbungsprüfung, die im Zermürbungsprüfer, Bauart Martens-Schopper, durchführbar ist. Auch hier muß wegen der Entwicklung des Verfahrens und der ihm zugrunde liegenden theoretischen und praktischen Erwägungen auf die Originalarbeiten verwiesen werden. Eine alle Einzelheiten berücksichtigende Darstellung gibt Memmler.<sup>20</sup> Der Apparat wird durch die Abb. 46 gebrauchsgenau gekennzeichnet. Aus den zu prüfenden Proben werden nach der weiter unten dargestellten Arbeitsweise Kugeln von etwa 30 mm Durchmesser geschnitten usw. Diese werden auf innere und äußere Abnutzbarkeit so geprüft (vgl. auch oben S. 120), daß sie in die in der Grundplatte des Gerätes befindliche Rinne (1) gelegt werden. Auf die Kugeln wird dann die direkt angetrie-

<sup>19</sup> Handb. d. Kautschukwiss. S. 645 ff.

<sup>20</sup> Handb. d. Kautschukwiss. S. 663 ff.



bene Scheibe (2) gelegt und durch Auflagegewichte (3), die genau zentriert sind, weiter belastet. Die mechanisch angetriebene Scheibe hat einen Mitnehmer für das den Umlauf registrierende Zählwerk. Die Auflagegewichte ergeben die Belastungsstufen 12,5, 25, 50, 75 und 100 kg. Zur Prüfung sei noch gesagt, daß das Ende des Versuches dadurch gegeben ist, daß der Antriebsriemen nicht mehr durchzieht. Die Kugel ist dann aufgeplatzt oder es hat sich im Innern ein Hohlraum gebildet. Die Antriebsscheibe läuft konventionell mit 85 Uml./Min. Es seien hier weiter die Ausführungen M e m m l e r s <sup>21</sup> wiedergegeben.

»Die mechanische Arbeit, die die Kugel beim Umlaufen unter starker Formänderung aufnimmt, ist so groß, daß die Kugel im Inneren stark erhitzt wird. Die Wärme steigt bei wenig elastischen Mischungen über die normale Vulkanisationstemperatur. Unter sonst gleichen Verhältnissen hängt die Erhitzung und damit auch die Umlaufzahl bis zur Zermürbung natürlich stark von der Umlaufgeschwindigkeit ab, die deshalb auf der normalen Höhe von 85 Uml./Min. (selbstverständlich ein rein konventioneller Wert) möglichst genau zu halten ist. Die Zermürbungsprobe ist im wesentlichen für Mischungen bestimmt, die für Vollreifen- oder Automobillaufdecken verwendet werden; für sehr weiche wie auch sehr harte Mischungen eignet sie sich nicht. An einer solchen weichen Mischung, die der Wissenschaft halber einmal dem Zermürbungsversuch unterworfen wurde, zeigte sich sehr augenfällig die Erhitzung im Innern der Kugel. Die untervulkanisierte Kugel (eine reine Kautschuk-Schwefelmischung) wurde beim Beginn des Versuches durch die Gewichtsbelastung so breitgequetscht, daß sie zu einem großen Teil aus der Laufrinne herausquoll. Nach einigen hundert Umläufen des Apparates war sie durch die Erhitzung im Innern erheblich nachvulkanisiert dadurch strammer geworden und hatte sich unter Rückbildung der übermäßigen Zusammendrückung wieder in die Laufrinne zurückgezogen.

Bisher sind noch keine Messungen des Arbeitsverbrauches bei einem solchen Zermürbungsversuch bekanntgeworden. Im M.P.A. ist zu diesem Zwecke in vereinzelt Fällen der Stromverbrauch des Antriebsmotors ermittelt worden. Eine solche Messung würde ausreichen, wenn man die Sicherheit hätte, daß die Reibungsverluste in den Übertragungsorganen zwischen Motor und Prüfapparat konstant sind; bei der Größe ihres Anteils an der Gesamtarbeit beinträchtigen aber schon geringe Schwankungen das Ergebnis unter Umständen in unzulässigem Maße. Für die Zukunft kann es sich vielleicht als zweckmäßig erweisen, die von der Prüfkugel aufgenommene Arbeit regelmäßig zu messen. A. S c h o b empfiehlt hierfür eine zur Zeit noch nicht ausgeführte Abänderung des M a r t e n s c h e n Zermürbungsprüfers, die darin besteht, das durch den Antrieb der Kugel entstehende Drehmoment zu messen, indem die Laufrinne von der Grundplatte abgeteilt und für sich auf ein Kugelspurlager gesetzt wird; durch eine Federwaage, die die Laufrinne am Umlaufen hindert, wird der Drehmoment bestimmt.

Über die beim Versuch zu wählende Belastung ist zu sagen, daß man eine Zermürbung der Kugel zwischen 5000 und höchstens 20 000 Umläufen des Apparates anstreben soll. Bei noch höheren Umlaufzahlen macht sich die unvermeidliche Abnutzung der Kugeloberfläche recht unangenehm bemerkbar; und wählt man so hohe Druckbelastung, daß nur sehr niedrige Umlaufzahlen erreicht werden, so beansprucht man das Material übermäßig. Das hätte an sich nicht viel zu bedeuten, wenn eine einfache und für alle Mischungen gleiche Beziehung zwischen der Höhe der Kugelbelastung und der Umlaufzahl bis zur Zermürbung bestände. Das ist aber nicht der Fall, wie Abb. 47 zeigt; es handelt sich hierbei um Mischungen, wie sie vor etwa 15 Jahren für Vollreifen üblich waren; mit den heutigen Mischungen erzielt man bei weitem höhere Umlaufzahlen. Für die früheren Mischungen war, wie aus der Ab-

<sup>21</sup> loc. cit. S. 664 ff.

bildung 47 hervorgeht, 50 kg Belastung die richtige Stufe; jetzt genügen mit-  
unter 62,5 kg nicht mehr, und man muß auf 75 kg gehen. Zur abgekürzten  
Bezeichnung empfiehlt es sich, die Umlaufzahl des Apparates bis zur Zer-

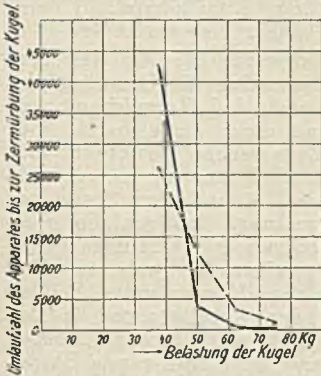


Abb. 47. Abhängigkeit der „Zermürbungszahl“ von der Kugelbelastung bei zwei verschiedenen Vollreifenmaterialien



Abb. 48. In Kugelform vulkanisierte Kugel nach dem Zermürbungsversuch

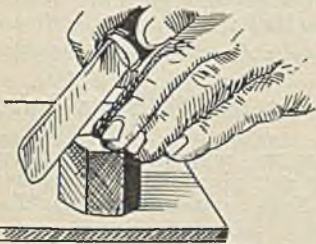


Abb. 49. Zurichten eines mit dem Messer aus einem Block herausgeschnittenen Würfels



Abb. 50. Verschiedene Stadien der Zurichtung mittels eines Messers

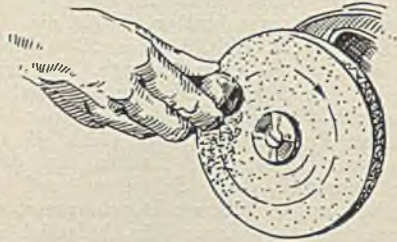


Abb. 51. Schleifen des zugerichteten Stückes zur Kugelform an der Seitenfläche einer Schmirgelscheibe



Abb. 52. Verschiedene Stadien des Schleifens

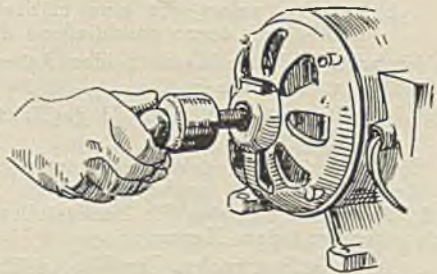


Abb. 53. Glätten der Kugeloberfläche in einer Form-Schmirgelscheibe

mürbung der Kugel »Zermürbungszahl« zu nennen und bei der zahlenmäßigen Angabe die Belastungsstufe, durch einen Strich getrennt, dahinter zu schreiben, also z. B. 12 300/62,5.



Durch zufällige Umstände ist die Herstellung der Probekugeln vom M.P.A. bisher nicht veröffentlicht worden, und so kommt es, daß trotz langjähriger Einführung der Zermürbungsprobe noch viele Stellen über die Kugelherstellung im unklaren sind; eine eingehende Beschreibung der Kugelherstellung, wie sie nach A. Schob im M.P.A. ausgeübt wird, ist daher hier am Platze.

Vulkanisieren in Kugelform ist durchaus zu verwerfen. Die Art der Zerstörungen der Probe beim Versuch (Abb. 48) läßt deutlich die Unzulänglichkeit dieser Herstellungsweise erkennen. Dazu kommt, daß Zermürbungsversuche allein zur Beurteilung einer Gummimischung nicht ausreichend sind; man wird zweckmäßig immer gleichzeitig auch Zugversuche ausführen. Die Mischung wird daher in Blockform von  $190 \times 70 \times 40$  mm im Kessel vulkanisiert, in der Regel mit 30 Minuten Steigung auf 3 at und dann Stand bei 3 at. Aus solchem Block können 10 große Normalringe (nötigenfalls noch ebensoviel kleine) und 4 Kugeln (30 mm Durchmesser) herausgearbeitet werden; das genügt meist auch noch für Prüfungsreihen im gealterten Zustand. Der Block wird zunächst von Hand mit einem Messer unter Seifenwasserzufuhr zerschnitten. (Vgl. die Wiedergabe des Arbeitsganges in der Lichtbilderreihe Abb. 49 bis 53.) Dabei ergeben sich würfelförmige Körper von etwa 35 mm Kantenlänge. Mit der linken Hand wird eine runde Blechscheibe von 32 mm Durchmesser auf die obere Würfel­fläche gelegt, an ihr anliegend wird das Messer an allen 4 Ecken zum Zuschneiden eines achtkantigen Prismas angesetzt (Abb. 49 und 50). Frei von Hand werden dann mit dem Messer die Kanten an den Enden des Prismas abgeschnitten. Nun kommt das Schleifen auf der Seitenfläche einer Schmirgelscheibe von  $\infty$  150 mm Durchmesser, die auf der Achse eines  $\frac{1}{6}$ -PS-Elektromotors von 1500 Umdr./Min. befestigt ist (Abb. 51). Der entstehende Gummistaub wird seitlich durch einen Ventilator abgesaugt. Auf dieser Scheibe ist die Kugel frei von Hand auf 30 mm Durchmesser mit nicht mehr als  $\pm 0,1$  mm Abweichung zu schleifen; das letzte Schleifen auf der Formscheibe (Abb. 53) nimmt nur noch sehr wenig Material weg und dient nur zum Glätten der Oberfläche. Auf der ebenen Seitenfläche der 150-mm-Schmirgelscheibe wird in folgender Reihenfolge geschliffen:

1. Zylindermantel von 30 mm Durchmesser (auf Maß).
2. Zylinderhöhe auf Maß (30 mm).
3. Dieser Arbeitsgang wird je nach Neigung des Schleifers in zweierlei Weise ausgeführt, entweder
  - a) es werden nach Art von Arbeitsgang 2 um die beiden anderen Raumachsen Zylindermäntel geschliffen; dabei bleiben die in Abb. 52 (zweite Probe) sichtbaren Zwickel stehen, die dann noch abgeschliffen werden, oder
  - b) es wird sofort die eine Hälfte auf Halbkugelform gebracht (dritte Probe) und daran anschließend die andere Hälfte.

Nachdem auf eine dieser beiden Arten die Kugel auf  $\pm 0,1$  mm genau geschliffen ist, wird sie im

4. Arbeitsgang nach Abb. 53 geglättet, wie sie in Abb. 52 (vierte Probe) zu sehen ist.

Die Übung im Kugelschleifen ist nicht schwer zu erlernen; ein geübter Schleifer braucht, je nachdem sich die Mischung gut oder schlecht schleifen läßt, 15 bis 20 Minuten für Fertigstellung einer Kugel einschließlich des Zuschneidens mit dem Messer.«

c) **Abschleifversuche.** Zur Wertprüfung für verschiedene Gegenstände, die in erheblichem Maßstabe der schleifenden und schabenden Beanspruchung ausgesetzt sind, ist eine Güteprüfung in Anlehnung an eine Apparatur, die Martens<sup>22</sup> für Linoleum benutzte, durch Mai ent-

<sup>22</sup> Mitt. M.P.A. 4 (1886) S. 3

wickelt. Die Gummiprobe, die aus dem Normalring ausgestanzte Innenscheibe, wird in einem lose gelagerten Schleifmittel mit bestimmter Umlaufgeschwindigkeit gedreht. Zu diesem Zwecke wird (Abb. 54) die Gummischiene (1) am unteren Ende einer Spindel (2) befestigt und durch Antrieb (3) in gleichmäßige Umdrehung versetzt. Die Umlaufzahl wird am Zählwerk (4) registriert. Das Gefäß (5) wird mit Schmirgel von bestimmter Sorte mehr oder weniger gefüllt. Es ist dann die Höhe der Schmirgelschicht unter der Probe ohne Einfluß auf das Ergebnis. Man arbeitet mit etwa 3 ccm Unterschicht. Die Höhe der Schmirgelschicht über der Scheibe (1) beeinflußt das Ergebnis und muß genau eingehalten werden. Die Umlaufgeschwindigkeit scheint ziemlich belanglos. Der Schmirgel wird stark verschmutzt und wird deshalb am besten häufig, wenn nicht jedesmal, erneuert. Ein Teil des gebrauchten Schmirgels kann für die obere, nicht mitarbeitende Füllung immer wieder als Belastung verwendet werden.

Über ein anderes Prüfgerät berichtet die Akron Standard Mold Co.<sup>23</sup> wie folgt:

Eine runde Scheibe läuft auf einer Schneckenradwelle, die vom Elektromotor angetrieben wird (Abb. 55) und gegen ein Schleifrad aus Karborundum, das in seinen Lagern drehbar und gegen die Probe verschiebbar angeordnet ist. Sie wird durch die Belastung der Waage gegen die Probe gedrückt. Die Drehachse der Probe kann bis zu einem Winkel von 40° geneigt gegen die Drehachse eingestellt werden. Es kommen so nur diejenigen Gleitbewegungen zwischen Probe und Schleifrad zustande,

die infolge Zusammendrückung der Probe sich als Schlupf ergeben. Hinzu kommt bei windschiefer Achsenlage noch zusätzlicher Schlupf. Diese Versuchsausführung nähert sich in beachtlichem Maße den beim Fahren im Reifen auftretenden Beanspruchungen.<sup>24</sup>

An dieser Stelle sei noch auf die Frage der Prüfung der Autodecken eingegangen. Soweit es sich um Güteprüfungen von Aufbauteilen, wie Decke, Seitenteile und Luftschlauch auf Abnutzung handelt, können die beschriebenen mechanischen Prüfarten benutzt werden. Daneben kann für die Deckenteile ein Prüfgerät verwendet werden, das für Straßenbau

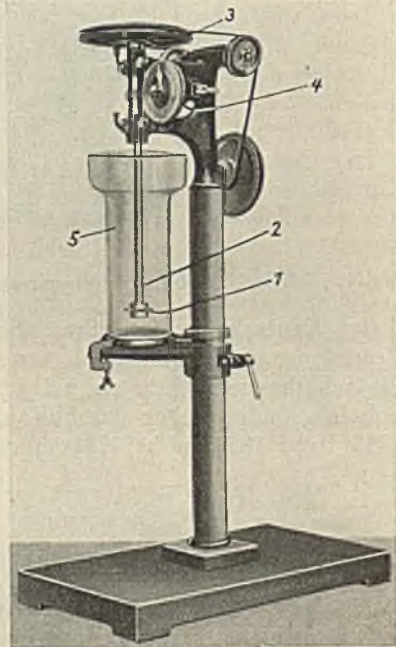


Abb. 54

<sup>23</sup> Taschenb. Vanderbilt Co., New York, Nr. 73

<sup>24</sup> Memmler, Handb. d. Kautschukwiss. S. 674



und Gesteinsmaterial als Abschleif- und Abnutzungsprüfung DIN 2108 nach Böhme eingeführt ist. Es wird von dem Chemischen Laboratorium für Tonindustrie, Berlin, gebaut. Die Abb. 56 zeigt die Bauart. Die Anwendung für Reifendecken, Transportbänder, Sohlen und Absätze ist die folgende:

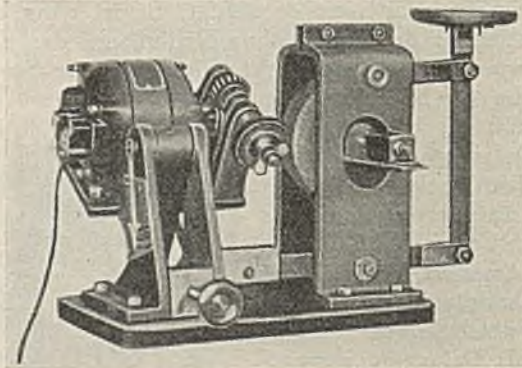


Abb. 55. Abnutzungsapparat der Akron Standard Mold Co.

Bei Kautschukreifendecken, Sohlen und Transportbändern wird der Prüfkörper unter Aufgabe von je 20 g Naxoschmirgel Nr. 3 pro 22 Scheibenumdrehungen bei insgesamt mindestens 880, besser 1320 Scheibenumdrehungen geschliffen, das entspricht einem Schleifweg von 1218 bzw. 1827 m bei 22 cm mittlerem Halbmesser der schleifenden

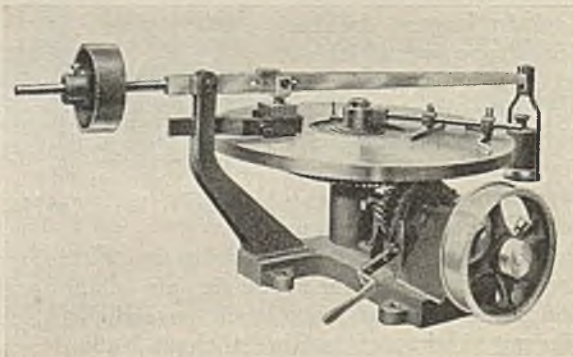


Abb. 56. Apparat zur Bestimmung der Abschleiffestigkeit  
(Chem. Laboratorium für Tonindustrie, Berlin)

Fläche. Die Tourenzahl soll etwa 30 Umdrehungen in der Minute betragen. Nach je 22 Scheibenumdrehungen wird das abgeschliffene Material samt Schmirgelresten entfernt und der Prüfkörper um  $90^\circ$  gedreht. Der Gewichtsverlust des Prüfkörpers in Gramm/Quadratcentimeter geschliffener Fläche dividiert durch sein Raumgewicht ergibt den Abnutzungs-wert.

In den Fällen, in denen das Raumgewicht zu bestimmen ist, wird nach DIN 2102 Ia oder b gearbeitet, soweit die Werte sich nicht ohne weiteres ergeben. Was nun die Belastung angeht, so kann dieselbe einmal die normale sein, die durch den langen Hebelarm im allgemeinen auf 0,6 kg/qcm eingestellt wird. Für besonders schwere Beanspruchungen ist es empfehlenswert, den Hebelarm länger zu wählen als er für diesen Apparat, der im allgemeinen in der Baumaterialienindustrie gebräuchlich ist, verwendet wird, um so die Last zu vergrößern. Es kann aber auch bei Anbringung einer Waage, wie in der Zeichnung, die normale Hebellänge beibehalten und nur die Gewichtsbelastung geändert werden.

Reifen wurden im Anfang nur auf der Straße im praktischen Betriebe vergleichsweise mechanisch und in Anpassung an die Wagenleistung geprüft. Eine ganze Anzahl von Prüfgeräten hat sich im Laufe der Zeit entwickelt. Der Rollenprüfstand, wie er auch für die motorische Überwachung sich eingeführt hat, brachte auch für die Reifenkonstruktion in allen Aufbauteilen eine wenn auch nicht absolute, so doch große und schnelle Sicherheit. Er gestattet es, die Baustoffe der Straße, die Stellung der Reifenprofile zu derselben, zu Schlaglöchern und ungenügender Zentrierung zu berücksichtigen. Sproull<sup>25</sup> hat 1929 in einem Bericht die Prüfarten in ihrer Bedeutung für den Reifenhersteller, den Wagenbau und die Straße eingehend behandelt. Er meint, daß das letzte Wort in der Bewertung dem praktischen Fahrversuch zukomme, daß sonst aber auch zeitlich und preislich der Rollenstandversuch ausreiche und weitgehende Sicherheit schaffe. Über Einzelheiten des Rollenstandversuches kann hier nicht gesprochen werden. Die Straßenbau- und Automobil-Handbücher sagen hierüber alles aus.

Der Vollständigkeit wegen und weil der Apparat sehr zuverlässig durchgebildet ist, sei noch auf den von Amsler & Co., Schaffhausen<sup>26</sup>, gebauten Prüfapparat hingewiesen. Derselbe gestattet es, die Abplattung von Hochdruck-, Niederdruck-, Vollgummi- und Luftkammerreifen unter Arbeitsleistung bei 20, 10, 5 und 2 t zu messen.

d) **Druckversuche bzw. Eindruckproben.** Für die Druckversuche an Weichgummi sind normal anwendbare Güte- bzw. Vergleichsprüfungen noch nicht gegeben. Sie haben auch nur ganz vereinzelt Bedeutung, z. B. für Eisenbahnpuffer, Dichtungsscheiben usw. Sie sind dann jeweils nach besonderen Vorschriften, die den Verwendungen entsprechend ausgearbeitet sind, herzustellen. Daines und Johnson<sup>27</sup> haben z. B. Proberinge zwischen geschliffenen Stahlplatten in einer durch T-förmige Scheiben gegebenen Leere zusammengedrückt und bei wiederholter Pressung die Formänderung gemessen. Ganz abwegig davon sind die Plastometerversuche, die für Gebrauchsgegenstände überhaupt keine nennenswerte Bedeutung haben (vgl. Mischungswesen). Wegen der Druckversuche, die besonders Stewart schon 1871 und 1873 aus-

<sup>25</sup> Ref. in Kautschuk 7 (1931) S. 14

<sup>26</sup> Z. V.D.I. (1933) S. 451

<sup>27</sup> I.R.J. 82 (1931) S. 348



führte, wird auf die Zusammenstellung von Breuil<sup>28</sup> verwiesen und auf die Behandlung dieser Arbeiten im Memmler.<sup>29</sup>

Sehr wichtig für die Bewertung der technischen Artikel (Reifen, Dichtungen, Walzenbezüge u. dgl.) sind die Eindrucksprüfungen. Für dieselben ist eine Anzahl von Apparaten gebaut, die alle auf das Kugelprüfverfahren von Brinell zurückgehen. Es sind mehrere Skalen für die Wertzahlen vorgeschlagen. Gottschalk hat die Beweisführung für die Abhängigkeit der Kugeleindrucktiefe von der Probendicke<sup>30</sup> und der Vorbelastung<sup>31</sup> angegeben. Er konnte beweisen, daß

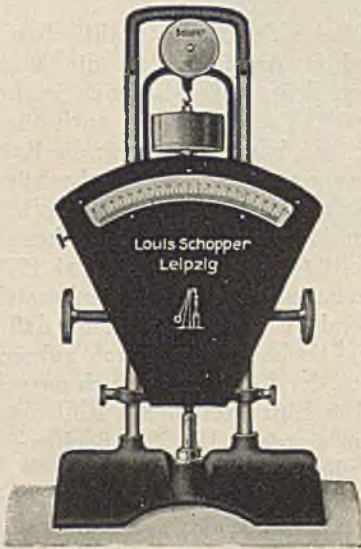


Abb. 57. Schopper - Kugeldruckhärteprüfer mit Grundplatte und Auflageplatte für kleine ebene Proben

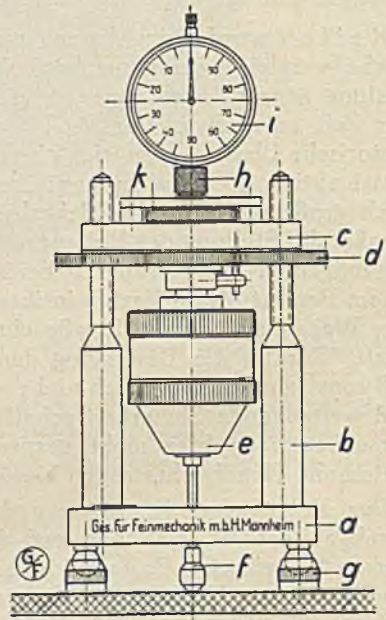


Abb. 58. Kugeldruckprüfer

bei der geringsten Vorlast die größte Meßgenauigkeit vorhanden ist. Es sind ganz einfache Apparate in Gebrauch. Da aber die Ablesung an denselben große Übung erfordert, hat der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik folgende Richtlinien festgesetzt, die auf die Kautschukprüfung vom Ausschuß 13 übertragen wurden:

»Eine Stahlkugel von 10 mm Durchmesser wird mit einer Druckkraft von 1 kg in die Probe eingedrückt und die Eindringtiefe der Kugel auf  $\frac{1}{100}$  mm genau nach 5 und 30 Sekunden festgestellt. Die Eindringtiefe gilt als Härtezahl.

Man verwendet den Apparat von Schopper mit fester Grundplatte oder den Apparat der Gesellschaft für Feinmechanik, Mannheim, mit Kugelgelenkfüßchen.

<sup>28</sup> Caoutch. et Guttap. (1905) Nr. 1

<sup>29</sup> Handb. d. Kautschukwiss. S. 622 ff.

<sup>30</sup> Memmler, loc. cit. S. 627

<sup>31</sup> Kautschuk 8 (1932) S. 144

Der Schopper-Apparat (Abb. 57) hat ein Meßbereich von 0 bis 2 mm. Das Meßwerk steht mit einer Druckstange, die unten in einer Kugelfassung die Druckkugel trägt und von oben durch ein Gewicht belastet werden kann, in Verbindung. Durch Lösen einer Arretiervorrichtung wird die Druckstange freigegeben und die Druckkugel in das Material eingedrückt. Es können Eindrücktiefen auf  $\frac{1}{100}$  mm genau gemessen werden. Die gesamte Meßeinrichtung ist an einem Schlitten befestigt, der an zwei Führungsstangen, die gleichzeitig eine Handhabe zum bequemen Tragen des Apparates bieten, verstellt werden kann.

Der Apparat der Gesellschaft für Feinmechanik (Abb. 58) wird so über die Probe gestellt, daß sie auf einem ebenen Tisch liegt oder bei Walzen auf diesem steht. Ist die Aufstellung erfolgt, so läßt man durch Drehen an dem Handrädchen (d) die Traverse (c) mit der Meßeinrichtung (i) und dem Kugelhalter (f) auf die Probe ab, so weit, bis der Zeiger der Meßuhr (i) zweimal die Runde macht und auf 0 zeigt, dann wird durch Drehen am Handrädchen (k) das Belastungsgewicht (e) auf den Kugelstempel (f) reibungsfrei abgesetzt, wobei die Kugel langsam in das Material eindringt. Die Belastung ruht etwa  $\frac{1}{2}$  Minute auf der Kugel, worauf der nun angezeigte Wert abgelesen wird. Der Durchschnitt aus drei Ablesungen bei derselben Probe gilt als ermittelte Härtezahl. Diese Zahl ist abhängig von dem verwendeten Kugeldurchmesser, und es ist bei Vergleichen daher stets anzugeben, mit welcher Kugel der Versuch durchgeführt wurde. In Amerika und England findet hauptsächlich eine  $\frac{1}{8}$ "-Kugel Verwendung, in Deutschland die Normalkugel mit 10 mm Durchmesser. Die Anzeige mit der  $\frac{1}{8}$ "-Kugel stimmt mit der des Pusey- und Jones-Apparates überein.

Abweichend von den deutschen Normen hat der Unterausschuß 17 der Soc. of Autom. Engin. eine Härteprüfung vorgeschlagen, bei der — vgl. auch oben — bei dem zu prüfenden Gummistück vor Aufbringung der Prüflast eine bestimmte Verspannung erfolgen soll, wie man sie auch in Deutschland zur Härteprüfung von harten Stoffen<sup>32</sup> verwendet. Es muß auf die diesbezügliche Besprechung<sup>33</sup> verwiesen werden. Die Anwendung dieser Versuchsform steht im Gegensatz zu der oben erwähnten, sehr präzisen Beobachtung von Gottschalk.

Auf den Apparat nach P. Breuil-Cillard, der mit Federdruck ausgestattet ist und auch zur Elastizitätsmessung als Elastodurometer dient, ist im Memmler, S. 629, eingegangen. Das Waageplastometer<sup>34</sup> soll erwähnt werden. Jetzt sind die Kugeldruckprüfer so zuverlässig ausgebildet, daß man sie einheitlich verwenden kann.

### 3. Die Kerbzähigkeit von Kautschukwaren

Josef Talalay<sup>35</sup> schreibt: Die praktische Bedeutung der Kerbzähigkeit ist erst spät in ihrem vollen Umfange erkannt worden. Methoden zu deren quantitativer Bestimmung wurden zuerst vor 10 Jahren

<sup>32</sup> Werkzeugmaschine (1932) S. 33 u. (1933) S. 302

<sup>33</sup> Kautschuk 9 (1933) S. 173

<sup>34</sup> Kautschuk 9 (1933) S. 150

<sup>35</sup> Kautschuk 9 (1933) S. 82 ff.



vorgeschlagen <sup>36</sup>, und auch heute noch besitzen wir kein allgemein anerkanntes Verfahren, um die Kerbzähigkeit mit der gleichen Sicherheit zu messen, wie die anderen; technologisch wichtigen physikalischen Eigenschaften einer Kautschukmischung.

### Der Begriff der Kerbzähigkeit

Befindet sich auf der Oberfläche eines auf Zug beanspruchten Körpers eine Kerbe oder ein Einschnitt, so ist die zum Bruch führende Zugspannung des Materials in eigentümlicher Weise vermindert. Und zwar reagiert eine Reihe von Stoffen — und darunter auch der Kautschuk — auf diese plötzlichen Querschnittsänderungen in weit höherem Maße, als es auf Grund der Spannungserhöhung in dem gekerbten Querschnitt zu erwarten wäre. Besitzt die Zugfestigkeit eines Stoffes geringe Empfindlichkeit gegen plötzliche Querschnittsänderungen, so nennt man das Material kerbzähe. Kautschukmischungen sind in einem verschieden hohen Maße gegen das Kerben empfindlich, wobei Vulkanisation sowie Menge und Art, besonders auch die Gestalt der Teilchen des zugemischten Füllstoffes eine wesentliche Rolle spielen.

Es werden verschiedene Versuchsverfahren angewendet, so das Verfahren von *Zimmermann* <sup>37</sup>, übernommen aus *Memmler* <sup>38</sup>. Man versieht dünne Streifen von  $3 \times 9 \times 0,1$  engl. Zoll in der Mitte mit einem  $\frac{1}{2}$  Zoll langen Schnitt (siehe Abb. 59) und reißt die an Haken in einer Zerreißmaschine aufgehängte Probe auseinander. Als zweckmäßigste Geschwindigkeit hat sich hierbei 2 bis 6 Zoll/Min. gegenseitige Entfernungszunahme der Einspannhaken ergeben. Für Vergleichsversuche muß natürlich immer eine bestimmte Geschwindigkeit innegehalten werden.

*Zimmermann* errechnet aus einem über den Verlauf des Versuchs von ihm aufgenommenen Schaubild (Abb. 60) die Arbeit *W*, die erforderlich ist, um die Probe zu zerreißen, nach folgender Formel:

$$W = \frac{KA - \frac{FE}{2}}{Lt.}$$

worin bedeuten

*K* eine Konstante, die sich aus den bei der Aufzeichnung des Schaubildes für

Kraft und Weg der Einspannhaken gewählten Maßstäben ergibt,

*A* die unter der Kurve liegende, eine Arbeit ausdrückende Fläche,

*F* Endwert der zum Aufreißen nötigen Kraft,

*E* Dehnung der Probe (Hakenabstand vermindert um *L*),

*L* Länge des durch die Maschine erzeugten Risses,

*t* Dicke des Probestabes.

Weiter wird zitiert, daß *W. Heidensohn* im *M. P. A. Untersuchungen über Kerbzähigkeit verschiedener Rußmischungen* ausgeführt hat, indem er aus den Abfallscheiben der Normalringe (siehe Seite 107) Streifen von der Länge des Scheibendurchmessers und von quadratischem Querschnitt ( $6 \times 6$  mm) herausschnitt, diese Streifen der Länge nach mit

<sup>36</sup> *Evans*, *Trans. I.R.J.* 64 (1922) S. 815; *Zimmermann*, *Rubb. Age*, N. Y., 12 (1922) S. 130

<sup>37</sup> *Rubb. Age*, N. Y., 12 (1922) S. 130

<sup>38</sup> *Handb. d. Kautschukwiss.* S. 675

einem Rasiermesser bis auf einen Rest von 10 mm (siehe Abb. 61) aufschnitt und nach Abb. 62 in eine Zerreißmaschine einspannte. Die quadratische Form des Querschnitts wurde gewählt, um unter gleichen Einflüssen des Querschnittes die Prüfung auf Kerbzähigkeit auch in einer Ebene ausführen zu können, die senkrecht zu der gezeichneten liegt, was

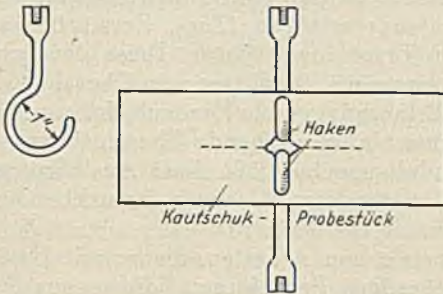


Abb. 59. Kerbzähigkeitsprobe nach C. Zimmermann

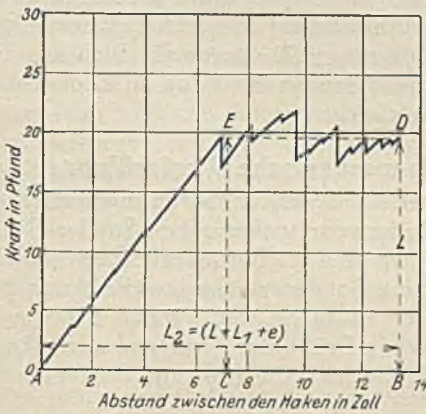


Abb. 60.

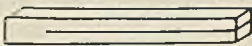


Abb. 61. Kerbzähigkeitsprobe nach W. Heidensohn

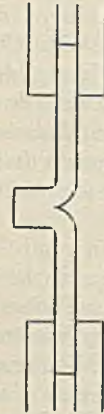


Abb. 62. Kerbzähigkeitsversuch nach W. Heidensohn

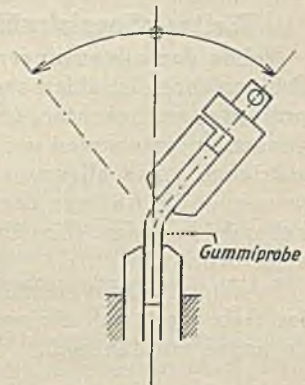


Abb. 63. Schema des einfachen Hin- und Herbiegeversuchs

durch Führung des Schnittes senkrecht zu der gezeichneten Schnittebene erreicht wird.

Der Vorteil dieser Versuchsausführung liegt in der Identität des Versuchsmaterials mit dem der Zerreiß-, Elastizitäts- und Abschleifversuche (wenn die Proben aus Blöcken herausgearbeitet sind, auch der Zermürbungsversuche), der sehr einfachen Probenherstellung und Versuchsausführung. Ein Nachteil ist, daß bei der Kürze des Weges, der vom



Beginn des Einreißen bis zum völligen Durchreißen der Probe zur Verfügung steht, es nicht möglich ist, einen anderen Kerbwiderstand zu messen wie den zu Beginn des Einreißen auftretenden. Dieser Anfangswiderstand liegt aber zweifellos höher als der eigentliche Kerbwiderstand des Stoffes. Immerhin hat Heidensohn bei einer größeren Anzahl Mischungen erhebliche Unterschiede der Kerbzähigkeit gefunden, die bei keinem der anderen Prüfungsverfahren (Zug-, Zermübnungs-, Elastizitätsversuche) so deutlich in Erscheinung traten. Diese deutliche Unterscheidung der Mischungen einerseits (und zwar in Übereinstimmung mit der durch jahrelange Erfahrung geschulten subjektiven Bewertung) und andererseits eine immerhin ausreichende Übereinstimmung der Ergebnisse bei mehreren Parallelversuchen läßt diese Ausführungsform der Kerbzähigkeitsprüfung in gewissen Grenzen brauchbar erscheinen.

Talalay gibt in weiterem Verfolg von Arbeiten, die er mit Heidensohn ausführte, den fächerförmigen Probeformen, die er aus den Platten der Proberinge herauschneidet, den Vorzug und arbeitet so, daß er das zum Weiterreißen zur Verfügung stehende Ende fächerartig verbreiterte. Mit derartigen Proben, die in Abb. 968b und c gezeichnet sind, führte er seine Versuche durch. Bei Anwendung seiner Arbeitsweise gelingt es, auch dann, wenn die Reißlinie um  $\pm 90^\circ$  gegen die Richtung des Einschnittes verläuft, einen hinreichend langen Reißweg zu beobachten und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

### **Weitere Spezialprüfungen als mechanische Wertprüfungen**

Neben den allgemeiner verwendeten und verwendbaren mechanischen Prüfverfahren ist eine beachtliche Reihe von mechanischen Sonder-Güteprüfungen zu beachten. Im allgemeinen sind sie besonderen Lieferbedingungen zu entnehmen und dann für die Sonderzwecke jeweils genau beschriebenen, ohne allgemeines Interesse zu haben. Sie können dann auch gemeinhin im Rahmen der mechanischen Prüffelder genügend zuverlässig behandelt werden. (Erwähnt sei z. B. der einfache Hin- und Herbiegeversuch, Abb. 63.)

In einer Reihe von Fällen sind aber besondere Prüfarten allgemeiner im Gebrauch, auf die wegen der Sonderheiten der Apparaturen eingegangen werden muß.

#### **a) Prüfung von Gummihüllen der Normal-Gummiaderleitungen**

Nach den Seite 94 beschriebenen analytischen Methoden werden die Gummihüllen der Normal-Gummiaderleitungen geprüft. Zur mechanischen Prüfung derselben werden sie vom Draht abgezogen und in Klemmbacken eingespannt. Ein Meßbereich von 10 mm Länge wird angezeichnet. Der Vorschub des Zuges erfolgt durch Zahnstange. Die Meßlänge ist bei der Nullstellung zwischen zwei Zeigern eingestellt, die bei der Dehnung mitgleiten und die erreichte Bruchdehnung in Prozenten anzeigen. Dieser einfache Apparat ist auch für allgemeinere Dehnungsversuche ausgebildet. Er dient aber überwiegend nur dem genannten Spezialzweck (Abb. 38).

## b) Gummierte Gewebe

Gummierte Gewebe dienen sehr mannigfaltigen Verwendungszwecken. Die einfachsten derselben sind die der

- a) Isolierbänder, Pflaster, Kratzenstoffe,
- β) Vulkanisierte Stoffe für hygienische und technische Zwecke,
- γ) Ballonhüllen, Gasmasken- usw. Stoffe.

## a) Isolierbänder, Pflaster- und Kratzenstoffe

Die Gummierungen dieser Gebrauchsgegenstände verlangen ein langlebigeres Haften am Verwendungsgegenstand und ein gewisses Weichbleiben. Die Klebefähigkeit wird im Schopper gewertet durch die Last, die zum Auseinanderziehen der zusammengepreßten Massen erforderlich ist. Eine noch zuverlässigere Prüfung ist die, die Last zu bestimmen, die zum Abziehen des Bandes von der auf eine Achse aufgehängten Rolle des Bandes erforderlich ist.

Man verwendet auch die vom Bureau of Standards zur Haftfestigkeitsbestimmung vorgeschriebene Vorrichtung. Dieselbe dient auch für die wichtige Bestimmung der Haftfestigkeit der Kratzenbänder und der Stoffeinlagen in Reifen, Schläuchen mit Einlagen, dublierten Stoffen, Walzen usw. (Abb. 64) und mißt die im Verlauf des Abreißens auftretenden Widerstände, die automatisch aufgezeichnet werden. Gearbeitet wird hier nach Memmler<sup>39</sup>, in folgender Weise: Die obere Einspannklaue hängt an einer auswechselbaren Feder (durch Hülse im Bilde verdeckt) und zeichnet die Ausdehnung der Feder als Ordinate auf die durch den Antrieb der Maschine in Umdrehung versetzte Trommel auf. Jede andere mit Schaulinienzeichner versehene Prüfmaschine von geeigneter Größe ist verwendbar. Bei einer Schopper-Maschine müssen in solchem Falle ebenso wie bei Hysteresisversuchen die Sperrklinken des Lastanzeigers ausgerückt sein.

## β) und γ) Vulkanisierte Stoffe

Für gedoppelte vulkanisierte Stoffe irgendwelcher Art kommen zur Bestimmung der Haftfestigkeit die Schopper-Maschine, die oben (Abbildung 36) genannte amerikanische Maschine und die der Gesellschaft für Feinmechanik in Frage.

Besonders wichtig sind aber für die beiden Gruppen vulkanisierter Stoffe die Prüfungen auf Zerplatzwiderstand und Gasdurchlässigkeit. Für diese wichtigen Zwecke werden kreisförmige Proben aus den fertigen gummierten und vulkanisierten Stoffen entnommen. Die Proben werden, um aus Versuchen die Stofffestigkeit berechnen zu können, unter der Annahme behandelt, daß eine eingespannte kreisförmige Stoffprobe sich zur Kugelkalotte bei entsprechender Belastung durchbeule.

Für die Berechnung der Festigkeit ist unter dieser Voraussetzung die Formel gegeben:

$$S \cdot p = \frac{p(r^2 + h^2)}{4h}$$

wobei p: Zerplatzdruck, r: Radius der freien Einspannlänge, h: Wölbhöhe beim

<sup>39</sup> Handb. d. Kautschukwiss. S. 696



Zerplatzen in cm bezeichnen. Es sei hier weiter der Darstellung Memmlers<sup>40</sup>, gefolgt:

Wenn sich tatsächlich eine genaue Kugelkalotte bilden würde, müßten die errechneten Stofffestigkeiten unabhängig von der Größe der Prüffläche sein. Versuche von Memmler und Schob haben aber ergeben, daß die errechneten Stofffestigkeiten mit zunehmendem Durchmesser der Zerplatzproben etwas abnehmen. Die Verfasser führten dies auf wahrscheinliche Teilausbeulungen zurück, die sich in größeren Flächen leichter wirksam ausbilden als in kleineren. Messungen, die Rudeloff später, allerdings nur an Zerplatzproben eines Durchmessers, ausführen ließ, ergaben eine regelmäßige Abweichung von der genauen Kugelform. Diese Messungen erklären auch die meistens exzentrische Lage der Bruchstelle beim Zerplatzversuch.

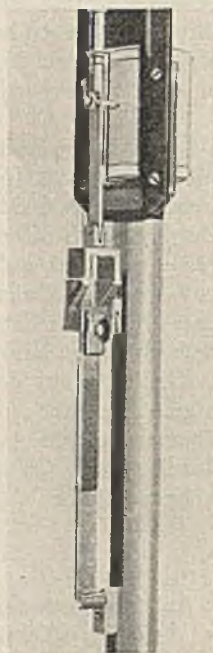


Abb. 64. Vorrichtung des Bureau of Standard zur Haftfestigkeitsbestimmung mit selbsttätiger Aufzeichnung der Kräfte

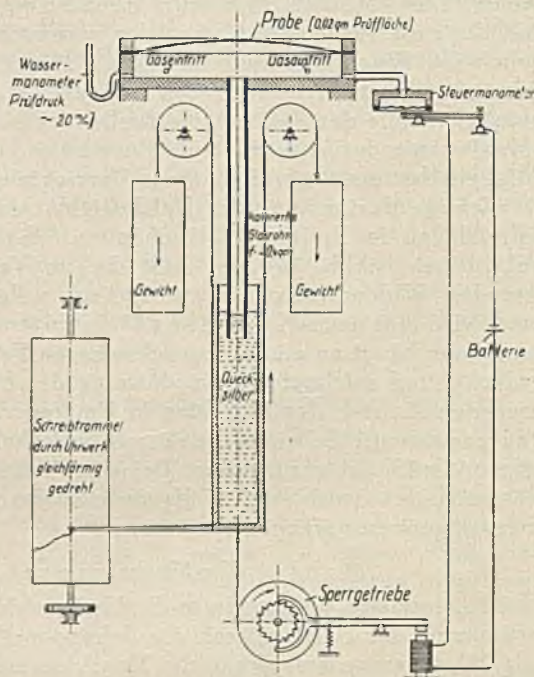


Abb. 65. Schema des Wurzelapparates zur Bestimmung der Gasdurchlässigkeit von Ballonstoffen (Das zwischen Steuermanometer und Sperrgetriebe in der Ausführung vorhandene Relais ist hier fortgelassen)

Bei Ballonstoffen<sup>41</sup> ist ferner die Ermittlung der Gasdurchlässigkeit sehr wichtig. Die volumetrische Bestimmung dieser Gasdurchlässigkeit gibt wegen der Gegendiffusion der Luft nur bei kurzer Versuchsdauer brauchbare Werte.

Ein zweckmäßiger, auf kurze Versuchsdauer eingerichteter Apparat, der nach dem volumetrischen Prinzip arbeitet, ist der Gasdurchlässig-

<sup>40</sup> loc. cit. S. 697

<sup>41</sup> Siehe auch den Abschnitt »Ballonstoff«

keitsprüfer von Wurtzel. Er ist schematisch in Abb. 65 dargestellt. Das durch die kreisförmige, am Kopf des Apparates eingespannte Ballonstoffprobe von 200 qcm Prüffläche hindurchtretende Wasserstoffgas wird volumetrisch gemessen, und die Messung selbständig aufgezeichnet. Der Raum unter der Probe endet in einem kalibrierten Glasrohre, das unten offen und durch ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß gegen die äußere Luft abgeschlossen wird. Das Quecksilbergefäß ist an drei dünnen Stahlbändern aufgehängt und wird durch ein ringförmiges Gewicht (in der schematischen Abb. 65 als zwei Einzelgewichte bezeichnet), das größer als das Eigengewicht des Quecksilbergefäßes ist, nach oben gezogen. Die Aufwärtsbewegung des Quecksilbergefäßes kann aber nur dann erfolgen, wenn das untere Sperrgetriebe, an dem das Gefäß mittels eines Stahlbandes hängt, durch den zugehörigen Elektromagneten in Tätigkeit gesetzt wird. Der Elektromagnet des Sperrgetriebes erhält aber nur dann durch Zwischenschaltung eines in der schematischen Abbildung fortgelassenen Relais Strom, wenn das Steuermanometer, das mit dem unter der Probe befindlichen (mit Wasserstoff von 20 mm Wassersäule Überdruck gefüllten) Raum in Verbindung steht, den Kontakt für den Relais-Stromkreis schließt. Das Steuermanometer besteht außer dem Kontakthebel aus einer sehr empfindlichen Barometermembran. Sinkt der Wasserstoffdruck infolge Durchtretens von Gas durch die Probe ein klein wenig, so wird der Stromkreis geschlossen und das Quecksilbergefäß entsprechend der durchgetretenen Gasmenge so weit angehoben, daß der Anfangsdruck wieder hergestellt ist. Die Aufwärtsbewegung des Quecksilbergefäßes wird auf der durch Uhrwerk gleichmäßig getriebenen gedrehten Schreibtrommel selbsttätig aufgezeichnet. Der Versuch dauert 20 Minuten, jedoch wird nur der mittlere über 10 Minuten abgelaufene Teil des Schaubildes ausgewertet. Infolge der kurzen Versuchsdauer ist es möglich, die bei volumetrischen Messungen meist störenden Temperatureinflüsse sowie den durch Gegendiffusion von Luft entstehenden Fehler zu vermeiden.

Sehr genau, aber unbequemer in der Handhabung ist das Verfahren zur Bestimmung der Gasdurchlässigkeit bzw. der Stoffdichtigkeit nach E. H e y n. Das Verfahren beruht auf der Verbrennung des durchgetretenen Wasserstoffes über Palladium-Asbest und Wägung des so erhaltenen Wassers. Zwischen zwei trichterförmigen Glasgefäßen ist die Stoffscheibe dicht eingespannt. In das eine der Gefäße wird Wasserstoff eingeleitet, während durch das auf der anderen Seite der Stoffscheibe befindliche trichterförmige Glasgefäß ein Strom vorher völlig getrockneter Luft langsam hindurchgesaugt wird. Durch geeignete Vorrichtungen wird der durch die Stoffscheibe hindurchgetretene, vom Luftstrom mitgeführte Wasserstoff mit Hilfe von Palladium-Asbest zu Wasser verbrannt, das in den angehängten Absorptionsgefäßen aufgefangen und gewogen wird.

Auch das Gas-Interferometer nach H a b e r - L ö w e ist mit Erfolg für diesen Zweck nutzbar gemacht worden. Dieses optische Verfahren beruht auf den Verschiedenheiten in der Größe des Brechungsindex der verschiedenen Gase.



Einfacher ist für diese Prüfungen der neuere Gasdurchlässigkeitsprüfer (Abb. 66) und der Berstdruckprüfer (Abb. 67). Beide werden von Schopper, Leipzig, gebaut. Das zuerst genannte Gerät gestattet es zuverlässig, die Gasmenge zu bestimmen, die bei einem konstanten Überdruck in bestimmter Zeit durch den gespannten Stoff dringt. Das zur Prüfung verwendete Gas wird als Reinsubstanz aus Stahlflaschen entnommen. Die Abbildungen verlangen keine weiteren Beschreibungen.

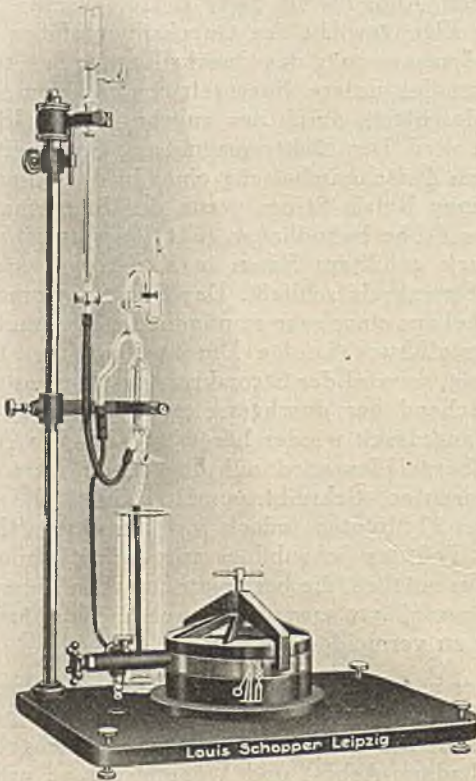


Abb. 66. Gasdurchlässigkeitsprüfer  
von Schopper



Abb. 67. Berstdruck-  
prüfer von Schopper

**c) Weichgummigegegenstände ohne Stoffeinlage, wie Präservative usw.**

Gegenstände, die besonders vielfach zur Fabrikationskontrolle geprüft werden müssen, sind Operationshandschuhe, Präservative, Fingerlinge u. dgl. Man kann zur Prüfung ein Gerät ähnlich wie das vorher beschriebene Wurtzelsche verwenden, wenn man die Aufspanvorrichtung durch einen entsprechend großen Gummistopfen oder Gummipolster ersetzt, über den der zu prüfende Gegenstand gezogen wird. Derselbe wird dann mit einem Isolier- oder Pflasterband fest umwickelt und der Belastung bei genügender Luftfüllung unterworfen. Da aber hier bei dem

großen Gasvolumen, das gebraucht wird, im allgemeinen mit Zusatzgas gearbeitet wird, verwendet man besser den vorher beschriebenen Berstdruckprüfer von Schopper (Abb. 67) und vereinzelt auch den Gasdurchlässigkeitsprüfer (Abb. 66). Die Prüfung wird hier so ausgeführt, daß ein Probekörper auf den durchbohrten Deckel oder besser auf einen anmontierten durchbohrten Gummistopfen oder Gummiplatte befestigt wird. Die zum Zerplatzen nötige Luftpressung wird durch den Hohlzylinder bzw. Gasstahlflasche zugeführt und am Meßapparat angezeigt. Zur Wertung ist die Angabe der Größe der geprüften Fläche oder Form, der Raumgehalt des geprüften Körpers und seine Ausdehnungen zu berücksichtigen. Für Probekörper, die große Ausdehnungen haben, wird die Messung mit Maßstab verfolgt.

Noch einfacher ist es, den Apparat zu verwenden, der von Frank-Meyerheim angegeben ist. Derselbe arbeitet beim Aufblasen des zu prüfenden Körpers so, daß derselbe über einen Gummistopfen oder über eine Gummiplatte gezogen wird. Eine Haftsicherung des zu prüfenden Gegenstandes an dem Gummistopfen geschieht durch Umwickeln mit Isolierband. Dieser Gummistopfen wird auf eine Normal-Gasuhr am Brennerstutzen montiert. Die Gasuhr ist mit einer Stickstoffbombe durch ein Reduzierventil verbunden. Es wird in gleichmäßiger Weise je Minute etwa 1 Liter Stickstoff durch die Gasuhr in den Prüfkörper geschickt; der Körper dehnt sich aus; die Druckmessung kann durch das auf die Gasuhr aufgesetzte Manometer verfolgt werden. Die Messung ist sehr zuverlässig, sie gestattet es auch, die Hysteresis bei solchen Gummigegegenständen durch das Abfallen des Druckes bei stehender Belastung zu beobachten.

## Hartgummiprüfungen

Bei der mechanischen Prüfung der Hartgummigegegenstände handelt es sich in erster Linie um Prüfung von elektrischen Isolierstoffen, und erst in zweiter Linie um die mechanische Prüfung von Stoffen, die in der chemischen Industrie gebraucht werden. Für diese Baustoffe kommen besonders die rein chemischen Prüfungen, die jeweils für den Sonderzweck gefordert werden müssen, in Frage. Da, wo mechanische Prüfungen für Rohre und andere Apparatebauteile auszuführen sind, sind die gleichen Prüfverfahren anzuwenden, die für den entsprechenden Zweck bei den elektrischen Isolierstoffen angewendet werden, nämlich Biegefestigkeit, Kugel-, Druck-, Härte-, Schlag- und Wärmebeständigkeit.

Für die elektrischen Isolierstoffe, deren Prüfung besonders in Frage kommt und große Bedeutung hat, sind die Vorschriften vom Verein deutscher Elektrotechniker<sup>42</sup> maßgebend. Auf die Wiedergabe der genannten Vorschriften kann verzichtet werden.

<sup>42</sup> V.D.E. 0302 (1924); Elektrotechn. Z. (1922) S. 445; (1923) S. 577, 768; (1924) S. 964, 1068. — Änderungen von Abschnitt A 4 und der zugehörigen Erklärungen: Elektrotechn. Z. (1927) S. 156, 860, 1090





# KAUTSCHUKMASCHINEN<sup>1</sup>

VON COLIN MACBETH M. I. A. E., M. S. A. E., F. I. R. I., BIRMINGHAM / ENGLAND

## Einleitung

In dieser Veröffentlichung habe ich mich vor allem von dem Gedanken leiten lassen, daß dem, der die besprochenen Maschinen anwendet, in erster Linie gedient werden muß. Innerhalb des für diesen Abschnitt des vorliegenden Werkes zur Verfügung stehenden Raumes sollen daher die Interessen des Gummifabrikanten denen der Maschinenfabrikanten vorgehen.

Alle Kautschukwarenfabrikanten trachten danach, bei bester Raum- und Maschinenausnutzung geringere Unkosten und unter Vermeidung von Abfall eine möglichst große Produktion zu erreichen.

Da jede Maschinenfabrik ihrer Konkurrenz überlegen sein will, wird sie meist ihre Erzeugnisse zur Erreichung bester Wirksamkeit auf Grund eigener Erfahrungen entwerfen und bemessen. Kauft nun eine Gummifabrik eine erstklassige Maschine, so ist es die Aufgabe ihrer Betriebsorganisation, durch richtige Aufstellung und Bedienung, mit ihr möglichst vorteilhaft zu arbeiten. Die meisten Kautschukmaschinen gegebener Art und Größe sind hinsichtlich ihrer Grundlagen einheitlich gehalten, so daß ihre erfolgreiche Arbeitsweise lediglich durch sorgfältige Ausführung von Einzelheiten, wie Regulier-, Aufgabe- und Abnahmeanordnungen erreicht werden kann.

Nach Ansicht des Verfassers sind unter Kautschukverarbeitungs-  
maschinen alle mechanischen Einrichtungen zu verstehen, die von der Anlieferung des Rohmaterials bis zur Abgabe der Fertigung aus der Fabrik Arbeit verrichten. Bei der Besprechung der verschiedenen standardisierten Maschinenbauarten wird daher an Beispielen gezeigt, wie die Einrichtung solcher Fabrikanlagen am zweckmäßigsten erfolgen soll.

## Rohmaterialvorbereitung

### Anlieferung, Lagerung und Ausgabe des Materials

Der Rohkautschuk wird in den Fabriken etwa folgendermaßen behandelt:

1. Anlieferung von der Eisenbahn mittels Kraftfahrzeugen.
2. Entleerung des Lastwagens an der Rampe, wobei Kiste für Kiste von Hand aus entnommen wird.
3. Aufstapelung von zwei, drei oder vier Kisten übereinander, je nach Vorrat im Lagerraum. Hier verbleibt das Material bis zum Gebrauch.
4. Stichprobenentnahme zur Überprüfung der Lieferung.
5. Transport zum Öffner auf Sackkarren.
6. Aufreißen der Kisten mittels Brechstangen. Das Holz wird auf einer Seite aufgestapelt und findet verschiedene Verwendung.

<sup>1</sup> Übersetzt und bearbeitet von Dr. G. Bode und Dipl.-Ing. E. Rausch



7. Transport des Kautschuks auf die Waage zwecks Kontrolle des Versandgewichts.
8. Transport der Ballen zum Ballenteiler, zum Arbeitstisch oder gleich zum Brecher, je nach dem angewandten Arbeitsverfahren.
9. Teilen der Ballen, Abbürsten der Oberfläche und Reinigen von Schmutz, Spänen usw.
10. Auslegen des Kautschuks, wie er für die Mischung erwünscht ist.
11. Die zum Zerschneiden bestimmten Felle oder Kautschukstücke werden in Transportkarren gelegt und in den Auswiegeraum verbracht, von wo sie dann je nach Arbeitsverfahren zu den Waschwalzen, Vorbrechern oder Mischwalzen gelangen.

Diese Arbeiten sollen so wenig wie möglich Handarbeit erfordern. Mitunter lassen sich mechanische Vorrichtungen sowie das Eigengewicht und natürliches Gefälle vorteilhaft für die Fortbewegung anwenden. Aus Abb. 68 ist beispielsweise eine geeignete Anordnung zwischen Anfuhr und Verarbeitung ersichtlich.

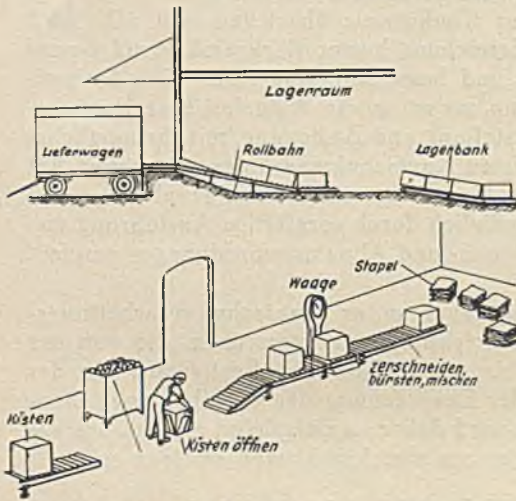


Abb. 68. Ballentransport

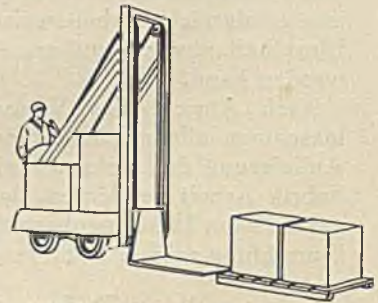


Abb. 69. Stapelmaschine

Um Kautschukballen in eine Höhe von drei, vier oder mehr Stück aufzustapeln, empfiehlt es sich, eine von Hand aus oder mittels Kraft bedienbare Stapelmaschine zu verwenden. Abb. 69 zeigt eine solche durch Elektromotor betriebene Maschine und dazu einen hölzernen Ladeschlitten. Sie lädt mittels Kraft auf, hebt und setzt ab.

### Öffnen der Kisten

Ein großer Teil des Kautschuks wird, in Holzkisten verpackt, angeliefert. Diese werden auf verhältnismäßig rohe Art mittels Brechstangen oder Beile geöffnet. Es sind auch schon hydraulische Pressen hierfür empfohlen worden. Herstellung einer dauerhaften und wirksamen Öffnungsvorrichtung stößt jedoch infolge der verschiedenen Kistenabmessungen, sowie der bei der Herstellung verwendeten Nägel und Eisenbänder auf Schwierigkeiten.

### Verwendung der Kisten

Eine wirtschaftlich eingestellte Betriebsaufsicht sollte die beste Verwendung der leeren Kisten ausfindig machen. Vielfach empfiehlt es sich, eine Abteilung einzurichten, die die Kisten für die Verheizung im Kesselhaus vorbereitet. Mitunter wird auch Spanholz daraus hergestellt und verkauft.

### Zerteilen der Ballen

In den letzten zehn Jahren sind standardisierte Maschinen aufgekomen, die das Zerschneiden der Ballen in handliche Stücke gestatten.

Eine sehr zufriedenstellend arbeitende Maschine ist die hydraulische Ballenschneidemaschine, die einen ganzen Ballen in V-förmige Segmente

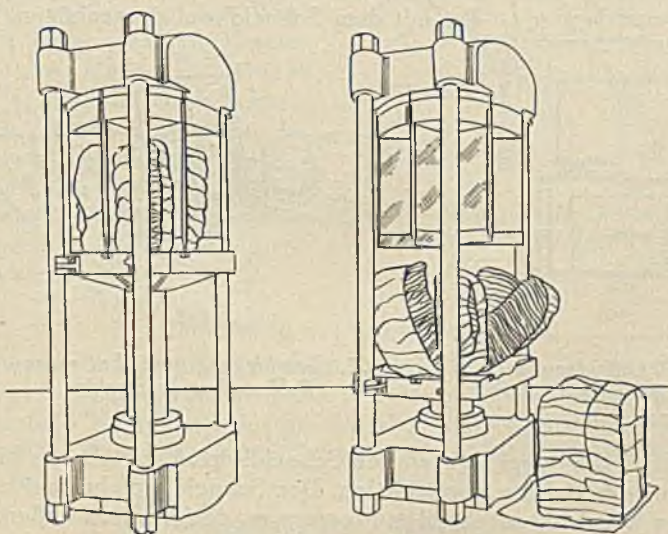


Abb. 70. Ballenschneider nach Bridge

zerteilt. Abb. 70 zeigt eine Bridgemaschine zum Zerschneiden der Ballen in sechs Segmente. Die aus Gußstahl hergestellten Messer schneiden den Ballen ganz durch und treffen schließlich auf starke Aluminiumeinlagen in der Preßplatte, so daß sie gegen Beschädigungen gesichert sind. Eine derartige Apparatur läßt sich leicht aus einer hydraulischen Plattenpresse zusammenbauen. Abb. 71 zeigt eine mit hydraulischem Aufbau und Schneidstanzen ausgerüstete Maschine von Shaw. Diese Maschine weist einen hochgelagerten hydraulischen Preßkolben auf, der einen Messerkopf mit 12 Schneiden betätigt. Der Ballen wird auf einen hydraulisch bedienten Tisch unter die Messer gehoben. Nach erfolgtem Schnitt werden die Messer durch zwei in entgegengesetzter Richtung arbeitende hydraulische Kolben gehoben und der Kautschuk mittels der abgebildeten Abstreifplatte abgenommen.



In manchen Kautschukfabriken haben die Messer elektrische Heizvorrichtungen, um dadurch ein rascheres Durchschneiden des Kautschuks und eine Ersparnis an hydraulischer Kraft zu ermöglichen. Der Verfasser empfiehlt die Beschickung und Entleerung einer derartigen Maschine durch natürliches Gefälle, wie aus Abb. 72 ersichtlich ist. Derartige Hilfsmaschinen machen sich allerdings nur bei der Verarbeitung großer Kautschukmengen bald bezahlt.



12 Schneides  
des Messerkopfes

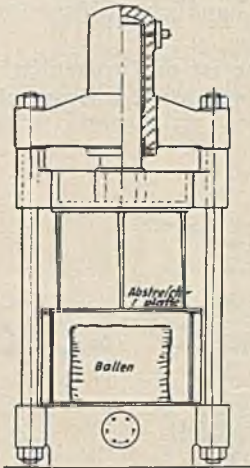


Abb. 71. Hydraulischer Ballenschneider nach Shaw

Eine neue Maschine ist der aus Abb. 73 ersichtliche Ballenschneider von Farrel, Birmingham. Auch die horizontale Schneidmaschine arbeitet hydraulisch. Der Preßzylinder a ist an Führungsrahmen b und c befestigt, die den Zylinder mit dem Schneidkopf d vereinigen. Der Kol-

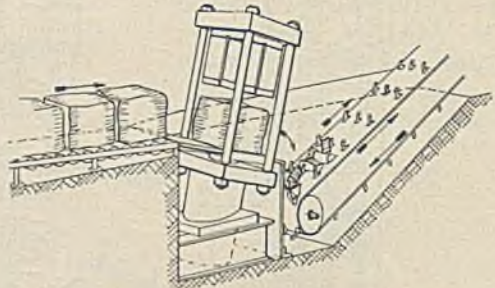


Abb. 72. Beschickung und Entleerung einer Ballenschneidermaschine

ben e treibt den Kopf f gegen den Schneidkopf. Die Rollen h führen den Kopf f in der Rahmenkonstruktion. Der Schneidkopf besteht aus radial von dem Kegel k ausgehenden Messern m, die an ihren äußeren Enden

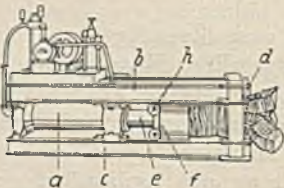


Abb. 73. Horizontaler Ballenschneider nach Farrel

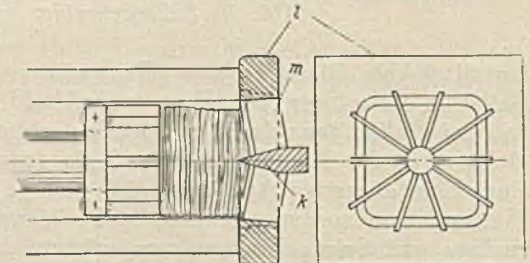


Abb. 74. Ballenschneider nach Farrel

durch den Abschlußrahmen l gehalten werden (Abb. 74). Beim Schneiden kommt der Ballen erst an der Außenseite mit dem Messer in Berührung. Hierdurch wird er gestreckt und das Schneiden begünstigt. Die Ballen werden in die obere Öffnung der Maschine eingeführt, und der

Kolben wird durch Preßöl von einer in Kugellager laufenden Ölpumpe aus betrieben.

Diese Maschine schneidet die Ballen in keilförmige Blöcke, die für die Weiterverarbeitung fertig sind. Sie kann einen Ballen in der Minute verarbeiten. Zweckmäßig ordnet man die Maschine so an, daß die Einfüllöffnung in Fußbodenhöhe liegt und der zerschnittene Kautschuk auf einem Transportband weiterbefördert wird.

Eine andere Bauart ist der in Abb. 75 dargestellte Messerschneider von David Bridge & Co. Hier wird der Ballen mittels einer Hebevorrichtung und Platte a auf einem verschiebbaren Schlitten b niedergehalten. Der Ballen wird durch Fußhebel c und Winkelhebel d gegen das mit Wasser angefeuchtete Messer e vorgeschoben. Diese Maschine schneidet Ballen sehr rasch in Stücke von 75 bis 100 mm Dicke und bewährt sich hervorragend in kleineren Betrieben und überall dort, wo hydraulische Vorrichtungen nicht verfügbar sind.

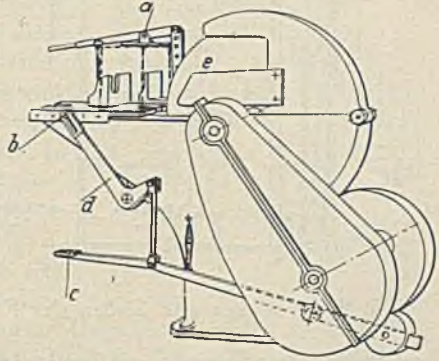


Abb. 75. Horizontaler Ballenschneider nach David Bridge & Co.

### Sortierung des Kautschuks

Die moderne Praxis erfordert zunehmende Sorgfalt bei der Auswahl der einzelnen Kautschukpartien für die verschiedenen Mischungen. Es müssen deshalb Maßnahmen für die Sortierung des Kautschuks und auch für die Verschneidung sortierter Typen in verschiedenem Verhältnis getroffen werden.

### Behandlung der Füllstoffe

Die Einrichtungen für die Anlieferung und Lagerung der in Kisten, Fässern und Säcken verpackten Füllstoffe sind im allgemeinen dieselben wie für Kautschuk. Dagegen ist das Problem der Verwertung dieser Verpackungen infolge ihrer verschiedenen Arten und Größen schwieriger.

Die von den einzelnen Kautschukfabriken eingehaltenen Verfahren stehen weitgehend mit dem Trocknen und Sieben der Füllstoffe in Verbindung. Im allgemeinen wird heute der in Mehlmühlen übliche Arbeitsgang eingehalten. Das Material wird erst hochgefördert und dann durch natürliches Gefälle den verschiedenen Trocknern oder Siebmaschinen zugeführt. Heute vernachlässigen noch viele Kautschukfabriken die Einrichtung einer leistungsfähigen und wirtschaftlichen Füllstoffhandhabung. Grundsätzlich läßt sich eine derartige Anlage sehr gut nach dem Schema der Abb. 76 einrichten.

Um eine zufriedenstellende Leistung zu erzielen, müssen die Einzelheiten dieser Anlage einander angepaßt sein, ebenso wie die gesamte,



später im einzelnen noch zu besprechende Anlage, sorgfältiger Überwachung bedarf.

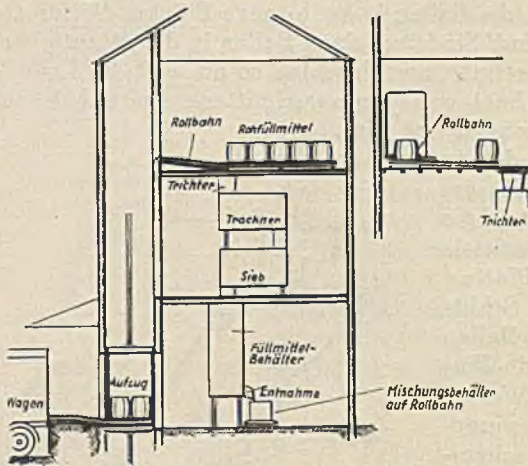


Abb. 76. Trocknen und Sieben der Füllstoffe

der Aufgabe und solche mit fortlaufender Beschickung.

Die erstgenannte Bauart (Abb. 78) weist in der Regel einen Dampfmantel auf und wird mit einer bestimmten Materialmenge beschickt und

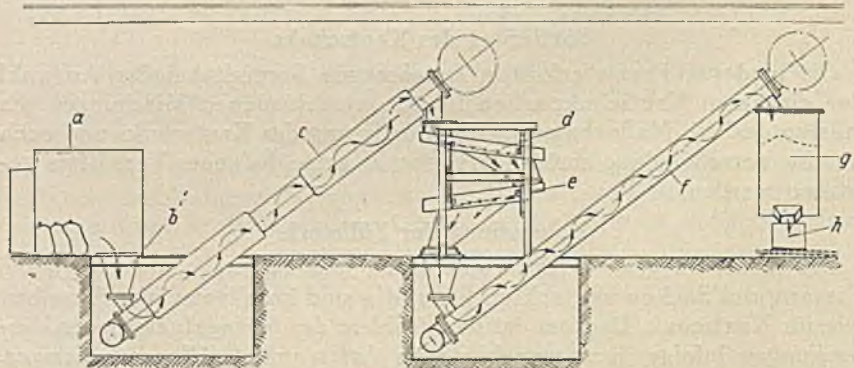


Abb. 77. Trocknungs- und Siebanlage in einem Stockwerk angeordnet

- |                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| a Geschlossener Aufgaberaum     | e Feinsieb          |
| b Einfülltrichter               | f Elevator          |
| c Fördertrockner mit Dampftrieb | g Lagerkasten       |
| d Grobsieb                      | h Transportbehälter |

nach Ablauf der erforderlichen Zeit vom Arbeiter entleert. Die Maschine ist mit Rührschaufeln ausgerüstet. Oben befinden sich mit Gaze bedeckte Öffnungen a, die den Austritt der verdampften Feuchtigkeit ermöglichen. Die Heizung erfolgt durch einen Dampfmantel c mit den entsprechenden Anschlüssen. Die Entnahme des Trockengutes erfolgt durch einen mittels Handrad zu betätigenden Schieber b in das Rohr d. Dieses führt ent-

Mitunter ist das Vortrocknen nicht erforderlich, so daß viele Fabriken die noch verpackte Ware nur für eine gewisse Zeit in einem erwärmten Raume lagern. Vielfach genügt auch eine Siebung. Wenn sich sämtliche Behandlungen erforderlich erweisen sollten, lassen sie sich, wie aus Abb. 77 ersichtlich, im gleichen Stockwerk ausführen.

**Trockenapparate.** Hier haben wir zwei Arten zu unterscheiden, und zwar solche mit intermittieren-

weder zur nächsten Maschine oder direkt in einen darunter gestellten Behälter. Diese Maschinenart eignet sich hervorragend für Fabriken, die vornehmlich mit geringen Mengen, dafür aber mit recht verschiedenartigen Mischungen zu tun haben.

Trockner für fortlaufende Arbeitsweise bestehen aus einem rotierenden Zylinder, der mit einem Dampfmantel umkleidet ist, wie in Abb. 79 dargestellt. Derartige Trockner können entweder selbsttätig durch natürliches Gefälle beschickt werden oder von einem zur oberen Eintrittsöffnung führenden Förderband aus unter Benutzung einer beliebigen Füllvorrichtung. Heiße Luft muß durchstreichen. In die Trommel eingeblasene heiße Luft verhindert den Austritt von Staub zwischen der Walze und den abschließenden Endplatten. Diese Maschinen sind vielfach mit spiralförmigen Förderschaukeln versehen, die das Material langsam hindurchführen. Es finden auch mitunter Umwälzschaukeln Anwendung, um den Trocknungseffekt zu erhöhen. Solche Umwälz- und Förderschaukeln müssen jeweils dem zu behandelnden Material entsprechend eingestellt sein. Die Abbildung zeigt den Antrieb über das Kegelerädergetriebe a und die Antriebsverrahmung b. Die Walze wird von zwei

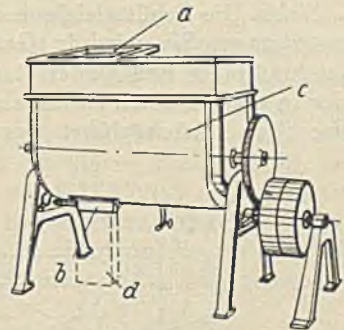


Abb. 78. Trockner vom Schaufeltypus

Stahlringen c getragen, die auf vier Rollenpaaren d laufen. Jedes Rollenpaar ist für sich auf einer Schwinge e angebracht, die von Böcken f getragen wird. Die Trommel weist eine Neigung von 1 : 15 auf. Der Längsschub wird durch eine große liegende Druckrolle g aufgenommen. Der Dampfmantel ist für einen Betriebsdruck von 2,8 Atm. ausgebildet. Der Dampf gelangt durch das Anschlußrohr h und durch drei radial verlaufende Röhren in den Mantel. Das Kondensat wird durch drei radial verlaufende Rohre k abgeführt, deren spiralförmige Windungen es zur mittleren Ableitung l fördern. Das Trockengut wird durch den Trichter m eingefüllt, der mit der feststehenden Abschlußplatte n verbunden ist. Diese wird durch die Böcke o getragen. Das Trockengut durchläuft langsam die Maschine und wird zur Erhöhung des Trocknungseffektes durch die Schaukeln p umgewälzt. Das getrocknete Pulver verläßt bei q den Apparat. Die Heißluft wird aus dem Erhitzer r durch das Bogenrohr s

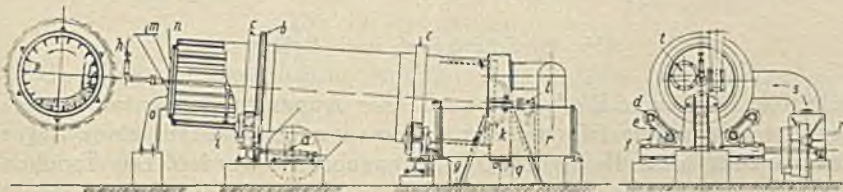


Abb. 79. Trockner mit rotierendem Dampfmantel

Stahlringen c getragen, die auf vier Rollenpaaren d laufen. Jedes Rollenpaar ist für sich auf einer Schwinge e angebracht, die von Böcken f getragen wird. Die Trommel weist eine Neigung von 1 : 15 auf. Der Längsschub wird durch eine große liegende Druckrolle g aufgenommen.

Der Dampfmantel ist für einen Betriebsdruck von 2,8 Atm. ausgebildet. Der Dampf gelangt durch das Anschlußrohr h und durch drei radial verlaufende Röhren in den Mantel. Das Kondensat wird durch drei radial verlaufende Rohre k abgeführt, deren spiralförmige Windungen es zur mittleren Ableitung l fördern. Das Trockengut wird durch den Trichter m eingefüllt, der mit der feststehenden Abschlußplatte n verbunden ist. Diese wird durch die Böcke o getragen. Das Trockengut durchläuft langsam die Maschine und wird zur Erhöhung des Trocknungseffektes durch die Schaukeln p umgewälzt. Das getrocknete Pulver verläßt bei q den Apparat. Die Heißluft wird aus dem Erhitzer r durch das Bogenrohr s



mittels angeflanschten Ventilators *t* in die Trockenwalze geblasen. Die Maschine ist von außerordentlicher Leistungsfähigkeit. Das sie verlassende Material kann nun je nach Wunsch zu den verschiedenen Sieben, in die Lagerkästen oder Silos geführt werden.

**Siebe.** Die Schüttelsiebmaschine ist als Beispiel eines guten Grobsiebes zu nennen. Sie wird in Getreidemühlen vielfach angewandt, ist sehr leistungsfähig und gestattet ferner gute Verarbeitung des Ausschusses, der in einer kleinen Zweiwalzenmaschine leicht zermahlen und wieder in das Sieb zurückgeführt werden kann. Abb. 80 zeigt Einzelheiten des

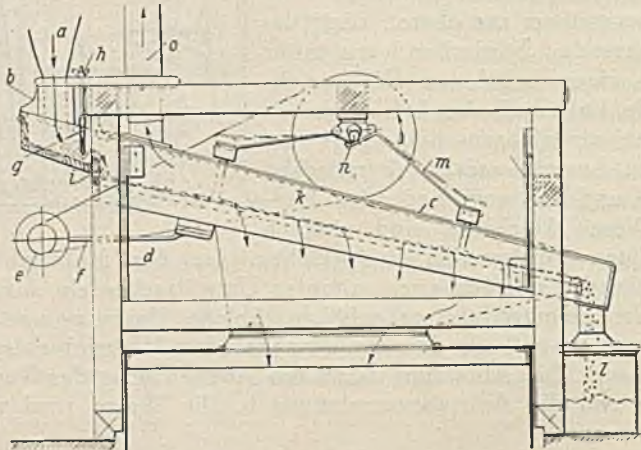


Abb. 80. Schüttelsieb nach Robinson

Schüttelsiebes von Robinson. Dieser Apparat kann entweder aufgehängt oder aufgestellt werden. Er kann auch oberhalb eines Lagerkastens oder einer Feinputzmaschine angebracht werden. Das Trockengut wird durch eine regelbare Abfüllvorrichtung in die Öffnung *a* eingebracht, die durch einen elastischen Stoffschlauch *b* mit dem Schüttelrahmen *c* verbunden ist. Der Schüttelrahmen ruht auf Blattfedern *d*, die am Traggebälk befestigt sind. Dadurch erübrigen sich Schmierstellen. Eine Exzenterwelle *e*, die mit 460 Umdrehungen pro Minute läuft, bewegt mittels der Blattfederanordnung *f* den Schüttelrahmen. Die Beaufschlagung der Schüttelvorrichtung läßt sich durch den einstellbaren Schieber *g* und seine Feststellschrauben *h* unter Zuhilfenahme der Stauplatte *i* regeln. Das Pulver wandert nun ruckweise über die Oberfläche des Siebes *k*. Das feine Material fällt durch, während das grobe in den Ausschlußkasten *l* gelangt. Es hat sich als erforderlich erwiesen, einen Klopfmechanismus einzubauen, um ein Zusetzen des Siebes zu verhindern. Bei der dargestellten Maschine werden zwei Fallhämmer *m* verwendet, die durch die Kurbelzapfen *n* mechanisch gehoben werden. Die Hämmer klopfen an die oberen Kanten des Schüttelrahmens. Zwecks Vermeidung von Staubaustritt werden die Siebeinrichtungen durch das Abzughrohr *o* entlüftet.

Wenn besonders feine Siebung erforderlich ist, wie beispielsweise für dünnwandige Schlauchmischungen, bedient man sich einer Feinsichtmaschine, wie sie in Abb. 81 dargestellt ist. Diese Maschine wirft die Pulver durch Zentrifugalwirkung gegen die innere Oberfläche eines rotierenden Siebkäfigs. Die Pulver gelangen durch Öffnung a in die Maschine. Sie fallen in die rotierende Trommel d, die von der Welle c mittels dreier sechsarmiger Speichenkränze d getragen wird. An den Speichen sind Winkeleisen e befestigt, an denen in bestimmten Abständen Hubschaufeln f angebracht sind. Der Trommelmantel besteht aus einem geeigneten Siebblech oder Gewebe, das durch Bolzen g an den Winkeln e befestigt ist. Der Zylinderüberzug läßt sich je nach den zu stellenden Anforderungen auswechseln. Im allgemeinen empfiehlt es sich, die ersten 150 mm aus vollem Blech herzustellen, um die Möglichkeit einer Beschädigung beim Einfüllen zu verhindern. Die Scheidewand h

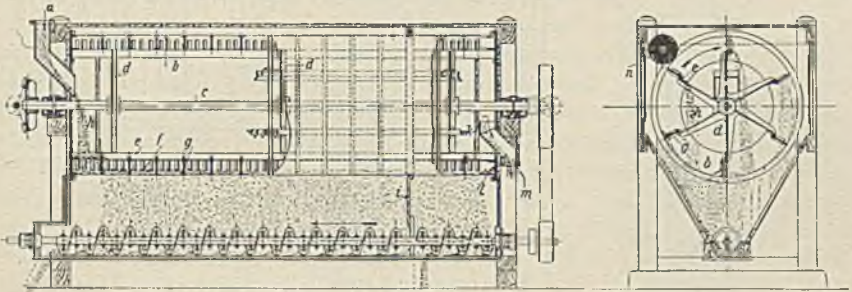


Abb. 81. Feinsichtmaschine

lenkt daher die Beschickung zunächst radial gegen dieses ungelochte Blech. Der gewebe oder perforierte Überzug kann für den Rest der Zylinderlänge in seiner Maschenweite variieren. In der äußersten Abteilung i ist die Maschenweite des Siebes geändert. Diese Abteilung führt auch eine besondere Förderschnecke im unteren Teile der Maschine, so daß man auch hier bereits je nach Zweckmäßigkeit eine Trennung des gesiebten Materials erreichen kann. Am Austrittsende ist eine weitere Scheidewand k eingebaut, sowie besondere Austragschaufeln l, die den Ausputz durch die Öffnung m entfernen. Auch bei dieser Feinsichtmaschine wären zweckmäßig Klopf- oder ähnliche Vorrichtungen anzubringen. Die Zeichnung zeigt eine rotierende Spiralbürste n, die für dauernde Reinigung der Trommeloberfläche sorgt.

**Verwendung von Lagerkästen und Entnahme aus denselben.** Die Praxis hat gezeigt, daß große Silos für die Pulver, die im Mischraum gebraucht werden, aus wirtschaftlichen Gründen empfehlenswert erscheinen, da sonst eine allzu häufige Säuberung der Siebe, Elevatoren usw. notwendig wird. Es gibt eine Anzahl verschiedener Typen von Lagerkästen, die das Anbacken des Pulvers verhindern. Hohe Silos sollen am Auslaß eine Entnahmevorrichtung besitzen, um ungleichmäßigen Auswurf des Pulvers zu verhindern und eine regulierbare Zuführung zu den Wägemaschinen zu gewährleisten.



Eine Einrichtung zur Handhabung der pulverförmigen Füllstoffe, die wirtschaftlich, verlustlos und hygienisch einwandfrei arbeiten soll, bedarf besonders sorgfältiger Projektierung. Das Sieben, Trocknen, die Lagerung und das Auswiegen sind grundlegende Maßnahmen, die kaum so raschen Abänderungsmöglichkeiten unterliegen, wie die anderen Fabrikationsverfahren in den Gummifabriken. Deshalb ist in Abbildung 82, A und B eine gut durchdachte typische Anordnung erläutert.

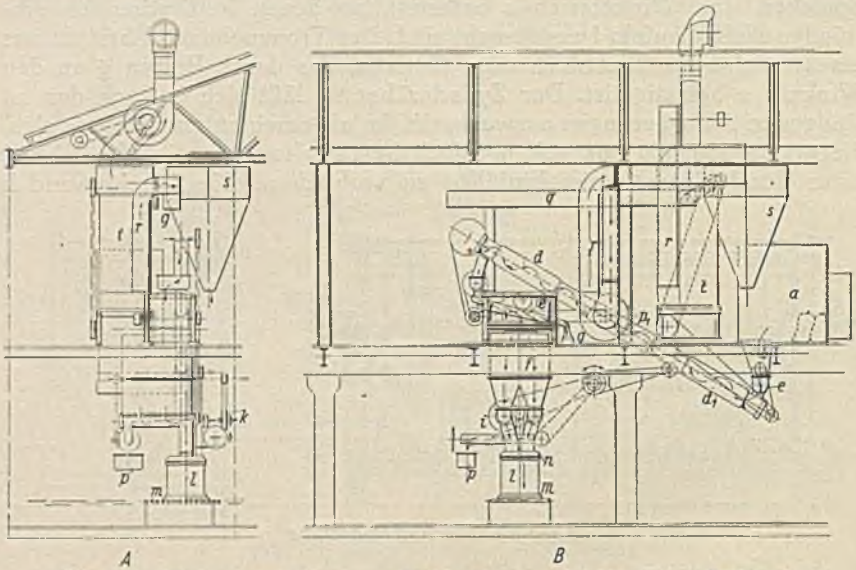


Abb. 82. Typische Anlage zur Behandlung pulverförmiger Füllstoffe

Die Anlage ist in einem dreistöckigen Gebäude untergebracht. Die pulverförmigen Materialien werden im zweiten Stockwerk in Lagerbehälter eingefüllt, im ersten Stockwerk in Kübel ausgewogen und auf Rollbahnen in den Mischaum im Erdgeschoß befördert.

**Rohmaterialannahme.** Ein Raum a ist oberhalb der Aufnahmebehälter b angeordnet. Er ist 1,85 m hoch, 1,85 m lang und 1,35 m breit. In diesen Raum a werden nun die Säcke, Wannen oder Kisten verbracht und in die Abfülltrichter b entleert. Kleine Mengen werden auf einem Tisch aus der Verpackung genommen. Im Interesse des Arbeiters ist für besonders gute Entlüftung zu sorgen.

**Förderung.** Unterhalb des Einfülltrichters ist eine Förderschnecke c angebracht, deren Fördergeschwindigkeit der Arbeitsleistung der Anlage entsprechend eingestellt werden kann. Das Material wird mit Hilfe einer Hubschnecke aufwärts befördert.

**Trocknung:** Falls eine Trocknung des Materials erforderlich ist, wird die Schnecke mit einem Dampfmantel d umgeben. Seine Größe richtet sich nach der zu entziehenden Feuchtigkeitsmenge und dem verfügbaren Dampfdruck. Der Antrieb der Hubschnecke erfolgt durch Schneckengetriebe. Trocknung und Hochfördern des Materials sind somit kom-

biniert. Wenn sich ein Trocknen der Füllstoffe erübrigt, verwendet man eine gewöhnliche in einer Blechmulde rotierende Schnecke. Die Abmessungen der Schnecke richten sich nach dem Durchsatz der Anlage, die Länge der Schnecke nach der zur Beschickung der Siebe notwendigen Förderhöhe. Sowohl bei dampfummantelten als bei gewöhnlichen Schnecken wird am Abgabeende entlüftet. Becherelevatoren sind für die Förderung gewisser in der Gummiwarenfabrikation angewandter Füllstoffe nicht geeignet.

**Siebung.** In der abgebildeten Anlage erfolgt die Sichtung durch das Schüttelsieb e. Es ist vollkommen eingekapselt, entlüftet und mit Gewebe zweckentsprechender Maschenweite gedeckt. Besondere Einrichtungen zerdrücken etwa vorhandene Pulverballen, und Klopfvorrichtungen sorgen dafür, daß kein Versetzen des Gewebes erfolgt. Die Siebtöpfe leiten direkt in die Zwischensilos f, während der Rückstand in Kästen g für anderweitige Verwendung gesammelt wird.

Zur Erzielung besonders feinen Pulvers empfiehlt sich die Anwendung einer rotierenden Trommel, die mit feiner Metallgaze überdeckt ist. Da das Material das Gewebe leicht verstopft, müssen mechanische Klopfvorrichtungen zur dauernden Reinigung vorgesehen sein. Auch diese Maschine wird entlüftet. In manchen Fällen ist es erforderlich, ein Schüttelsieb mit einer Siebtrommel zu kombinieren. Die Vereinigung dieser zwei Maschinen ermöglicht ein außerordentlich feines Sichten. Das Material durchläuft zuerst das mit verhältnismäßig grobem Drahtgewebe bedeckte Schüttelsieb und wird dann durch die mit feiner Gaze von 0,3 mm Maschenweite bedeckte Trommel geführt.

**Lagerung.** Der Lagersilo oder Kasten f ist ganz abgeschlossen und unterhalb der Siebanlage angebracht. Die Größe der Silos richtet sich nach dem Verbrauch der einzelnen Füllstoffmengen für die später herzustellenden Mischungen.

**Entnahme aus dem Lagerkasten.** Die Entnahme aus dem Kasten wird durch die Transportschnecke reguliert, die durch die ausrückbare Reibungskupplung k angetrieben wird. Die Anordnung ist so vorgesehen, daß die Menge des aus jedem Lagerkasten entnommenen Pulvers durch den Arbeiter eingestellt werden kann. Das Material wird nun in Kübel l abgefüllt, die normalerweise 750 mm Durchmesser aufweisen. Sie werden dann auf einer Rollbahn m weiterbefördert.

Die Entnahmeöffnungen der einzelnen Kästen f liegen nebeneinander über der Transportschnecke i. Der Schutzdeckel n oberhalb der Aufnahmekübel l ist aus hygienischen Gründen mit Staubabsaugung versehen. Die Dosierung der Entnahme erfolgt durch Schwenklappen.

**Auswägen.** Eine Rollbahn befördert die Kübel aus der Sichtenanlage in den Abwiegeraum. Die Füllung der Kübel mit mehreren Pulvern erfolgt in der Weise, daß die Kübel nacheinander unter den Ausgäbeöffnungen der Zwischenbehälter stehenbleiben. An diesen Stellen sind in der Rollbahn Lücken vorgesehen, die durch automatische Waagen ausgefüllt werden, mit deren Hilfe die jeweilige Zugabe gleichmäßig erfolgen kann. Die Entnahme wird durch Einrücken der Transportschnecke i bewirkt. Als Ergänzung für die Hauptentnahme dient eine kleine handgetriebene



Entnahmeschnecke, die in den Trog p fördert und mit deren Hilfe noch grammweise Füllung möglich wird. Die Hauptentnahme erfolgt also durch die Schnecke i, während die genauere Dosierung mit Hilfe der kleinen Entnahmevorrichtung geschieht.

**Staubabscheidung.** Eine der wichtigsten Forderungen dieser Station ist eine möglichst vollkommene Staubabscheidungsanlage. Diese besteht aus dem Ventilator  $p_1$ , dem Hauptrohr q und den Zweigrohren r, die alle zu solchen Teilen der Anlage führen, an denen die Füllstoffe gewendet oder fallengelassen werden. Die Hauptluftleitung ist mit einem Zyklonstaubsammler s verbunden, in dem der mitgerissene Staub abgelagert wird. Als Ergänzung zu dem Sammler ist ein Schlauchfilter t vorgesehen, so daß das Material, das nicht schon im Zyklon abgelagert wurde, beim Durchgang hier restlos zurückgehalten wird und nur die reine Luft austritt. Selbstverständlich müssen alle Nebenleitungen mit Absperrventilen versehen sein. Die eben gegebene Darstellung bezieht sich naturgemäß nur auf die einzelne Aufbereitungsanlage. Sind mehrere vorhanden, so muß auch die Staubabscheidungsanlage in Einheiten unterteilt sein, so daß jede nur für einen besonderen Füllstoff benutzt wird. Nur so ist es möglich, das in den Staubsammlern abgelagerte Pulver wieder in die zugehörige Trockenschnecke zurückzuführen und so Verluste zu vermeiden sind.

In manchen Fällen, insbesondere wo es sich nur um die Verarbeitung kleiner Mengen handelt, ist der Zyklonstaubsammler entbehrlich. Man bedient sich dann nur eines Schlauchfilters in Verbindung mit einer Absaugeanlage. Wenn eine Rückführung des gesammelten Staubes in dieselbe Anlage nicht unbedingt erforderlich ist, kann man natürlich eine einheitliche Entlüftungsanlage schaffen. In diesem Falle wird dann der gemischte Staub gesammelt und in Säcke oder Kästen zwecks Verarbeitung in minderwertigere Mischungen oder zur Entfernung verbracht.

### Waschen des Kautschuks

Seitdem, seit ungefähr 22 Jahren, Plantagenkautschuk allgemein verarbeitet wird, hat der Waschprozeß wesentlich an Bedeutung verloren. Viele Fabriken haben heute das regelmäßige Waschen des Rohkautschuks ganz eingestellt. Crèpekautschuk ist so rein und frei von Schmutz, daß es sehr fraglich erscheint, ob ein Waschen mit darauffolgendem Hängen und Trocknen ein noch saubereres Produkt ergibt.

### Das Passieren von Kautschuk durch Siebe

An Stelle des Waschens haben heute viele Fabriken das Passierverfahren (Straining-Prozeß) eingeführt. Es beruht darauf, daß mastizierter Kautschuk in einer Art Spritzmaschine durch ein aus feinem Drahtnetz bestehendes Sieb gedrückt wird, wobei der Kautschuk von Fremdkörpern wie Sand, Spänen, Staub usw. befreit wird. Aus diesem Grunde liegen daher die Waschanlagen in modernen Kautschukfabriken still, so daß es sich im Rahmen dieser Darstellung erübrigt, die einst so bedeutende Waschanlage eingehend zu besprechen.

## Die Mastikation des Kautschuks

### Das Vormastizieren des Kautschuks

Vor 20 Jahren war es in den Kautschukfabriken noch nahezu allgemein üblich, Mastizieren und Mischen in einem Arbeitsgange vorzunehmen. Der Arbeiter ließ den Kautschuk auf den Walzen erst glattlaufen, um dann die Füllstoffe zuzufügen. Diese mußten sehr gründlich verteilt sein, bevor der Zusatz der Vulkanisationsstoffe erfolgte.

Man erkannte bald, daß Plantagenkautschuk eine andere Behandlungsweise verlangte, daß Mastikation und Mischen voneinander getrennt vorgenommen werden mußten. Man war sich darüber im klaren, daß sich dadurch zwar die Kosten an Bedienung, Kraft und Wasser im Mischraum erhöhten, daß dieses Verfahren sich jedoch durch die Erleichterung der darauffolgenden Verarbeitung und durch die Möglichkeit der Erzielung einheitlicherer Vulkanisate mehr als bezahlt machte.

Demzufolge wurde das Vormastizieren auf einem Standardwalzwerk (zwei Walzen) vorgenommen. Größte Wirksamkeit und Ersparnis an Kraft und Bedienung ergaben Walzenpaare, deren Umfangsgeschwindigkeiten sich wie 1 : 1,6 verhielten.

### Zwischenkühlung

Es ist seit langem bekannt, daß zur Erzielung einer wirksamen und dauernden Erweichung von Rohkautschuk dessen mechanische Durcharbeitung erforderlich wird, an Stelle der einfachen Erhitzung, die lediglich eine vorübergehende Erweichung bedingt. Ebenso ist es bekannt, daß Kautschuk nach dem Durchgang durch den Walzenzwischenraum abgekühlt werden soll, bevor er wieder den Walzen zugeführt wird. Grundsätzlich soll der Kautschuk während der Abkühlung von der Walze wegwandern und kontinuierlich wieder zurückgeführt werden (Abb. 83). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, dieser Forderung Rech-



Abb. 83. Abkühlung während des Weichmachens

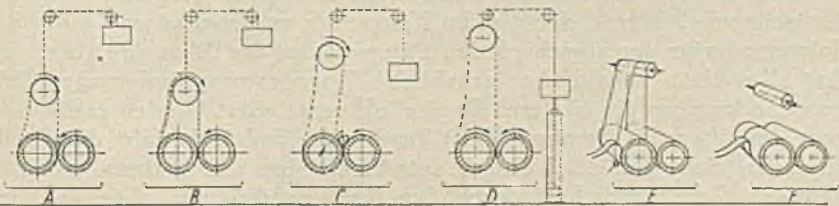


Abb. 84. Weichmachen und Abkühlen am endlosen Band

nung zu tragen. Abb. 84 zeigt, wie eine besondere Transporteinrichtung erübrigt werden kann. Die Arbeitsweise ist folgende: Der Kautschuk wird um die vordere Walze geführt, bis er ein zusammenhängendes Fell



ergibt. Das Fell wird aufgeschnitten und nachdem es um eine darüber angeordnete Spannwalze gelegt wurde, mit seinem Ende wieder verbunden (Abb. 84 A). Dann werden weitere Kautschukfelle zugefügt (Abb. 84 B). In dem Maße, in dem diese Felle zwischen den Walzen zurückgehalten werden, gestatten sie eine Verlängerung des gebildeten Kautschukbandes (Abb. 84 C). Der Kautschuk verbleibt in Form eines endlosen Bandes (Abb. 84 D) in freier Bewegung, bis nach Abschluß der Mastikation die Spannwalze während des Abschneidens allmählich mittels hydraulischen Bremszylinders gesenkt wird. Das Abschneiden selbst erfolgt durch ein rotierendes Messer (Abb. 84 E). Das Messer kann fest oder auch beweglich sein. Es empfiehlt sich aber, es festzuhalten, bis das endlose Kautschukband herabgelassen und von der Ausgleichswalze abgeschnitten werden kann. Schließlich wird der Kautschuk von der vorderen Walze entweder wie üblich oder durch Fortbewegung des Rundmessers (Abb. 84 F) restlos abgeschnitten. Dieses Verfahren gestattet, den Kautschuk zwischen den einzelnen Durchgängen durch den Walzenabstand zu kühlen und Verwendung des Kautschuks selbst als Transportband während der Gesamtdauer der Mastikation.

### Mastizieren durch Ausspritzen

Der Gordonmastikator stellt tatsächlich eine große Spritzmaschine dar, in die der Rohkautschuk in Form von Ballen oder Fellen eingeführt wird und aus der er in plastischem oder mastiziertem Zustande ausgespritzt wird. Diese Maschine wurde seinerzeit auf Verlangen der Kautschukindustrie konstruiert.

Die Grundidee dieser Apparatur bestand darin, daß der Kautschuk durch einen Knetkopf gedrückt wird. Die Konstruktion desselben war sehr gründlich ausgearbeitet, um eine ähnliche Wirkung zu erzielen, wie sie zwischen den Walzen erfolgt. Die Wirkung war aber erheblich stärker, und der Kautschuk war nie unbeanspruchte, wie es der Fall ist, wenn eine große Menge Kautschuk auf Walzen weich gemacht wird, wobei sich bekanntlich zwischen den Walzen ein mehr oder minder großer Wulst bildet. Die durch die nachdrückliche Durcharbeitung entstehende außerordentlich hohe Reibungswärme und die große Leistung der Maschine, wirkten sich naturgemäß sehr vorteilhaft aus.

Bisweilen aber entstanden Schwierigkeiten beim Arbeiten mit der Knetschnecke. Wurde der gleiche Kautschuk verarbeitet und blieb die Heiztemperatur der verschiedenen Dampfmäntel der Maschine gleich, so ging alles glatt; sobald aber erhebliche Temperaturveränderungen auftraten, oder aber ein härterer Kautschuk verarbeitet werden sollte, wie man ihn öfters in Smoked-Sheet-Sendungen findet, konnte die Preßschnecke nicht genügend Druck entwickeln, um das Material mit der richtigen Geschwindigkeit durch den Kopf zu drücken, ohne daß der Kautschuk überhitzt wurde. Es vollzog sich dann durch Aufnahme von Sauerstoff eine langsame Verbrennung, wodurch die Temperatur noch weiter stieg und zur Depolymerisation führte.

Es wurde festgestellt, daß der Kautschuk, der einmal ein einfaches Mastizierverfahren durchlaufen hatte oder der auf einem Walzwerk vor-

bearbeitet worden war, ohne Schwierigkeit durch die Maschine geführt werden konnte. Das mengenmäßig verarbeitete Quantum stieg außerordentlich, die Temperatur konnte erniedrigt werden und eine praktisch ungestörte Verarbeitung war möglich. Dies war der Grund für die Entwicklung des heute unter dem Namen »Zweistufenplastikator« bekannten Aggregats. Die erste Konstruktion bestand aus zwei übereinander gelagerten Zylindern; die in dem oberen Zylinder, der den Kautschuk aufzunehmen hatte, eingebaute Schnecke war so konstruiert, daß sie den Kautschuk gewissermaßen vorwalzte, durchwalkte oder besser gesagt, ihn vorquetschte, ohne ihn gleichzeitig zu fördern. Der Kautschuk gelangte daher in einem warmen, teilweise plastizierten Zustande durch einen für diesen Zweck vorgesehenen Durchgang in den zweiten Zylinder. Eine darin angeordnete Preßschnecke konnte nun den Kautschuk sofort erfassen und ihn mit hinreichendem Druck durch den Knetkopf treiben.

Günstigenfalls betrug die Leistung der einfachen oder einstufigen Maschine ungefähr 1650 bis 1700 kg pro Stunde. Bei der zweistufigen Maschine ging die Verarbeitung sofort auf einen Durchschnittssatz von 3000 kg pro Stunde über, in manchen Fällen sogar bis zu 3800, ja sogar gelegentlich bis zu 4000 kg.

Der untere Zylinder der zweistufigen Maschine ist in seiner Längsrichtung einstellbar, so daß der Abstand zwischen der inneren und äußeren Oberfläche des Knetkopfes veränderlich ist, wodurch Verschiedenheiten in der Plastizität und Verarbeitung erzielbar sind. Durch diese Einrichtung ist ein weiterer Spielraum hinsichtlich des Verarbeitungsverfahrens gegeben.

In vielen Fällen ist es erforderlich, den Kautschuk ein zweites Mal durch die Maschine zu führen. Hierbei kann beim ersten Durchgang mit geringerem Preßdruck gearbeitet werden, wodurch sich größere Leistungen und nach dem zweiten Durchgang auch hinreichende Plastizität ergeben. Auf diese Weise ist es gelungen, eine dauernde gleichmäßige Leistung von 3500 kg pro Stunde zu erzielen.

Da bei der Zweizylinderbauart der Zweistufenmaschine Undichtheiten an den Übergangsstellen nicht vermieden werden konnten und auch die technische Ausführung Mängel aufwies, entstand ein neuer Zweistufenplastikator, der »Straight line plastikator«. Die erste Ausführung war mit einer Schnecke von 380 mm Durchmesser ausgerüstet. Sehr bald wurde erkannt, daß diese Konstruktion außerordentlich einfach war, und keine weiteren Störungsmöglichkeiten aufwies, die beim alten Zweizylindertyp das Arbeiten erschwerten. Besonders konnten Verluste infolge Undichtwerden vermieden werden. Ein weiterer Vorteil der »Straight line«-Bauart war die Möglichkeit, schon in der ersten Stufe der Maschine wirksam zu arbeiten. Die sich ergebende Plastizität war daher nahezu derjenigen gleich, die man nach doppeltem Durchgang des Kautschuks durch die Zweizylindermaschine erzielt hatte.

Abb. 85 zeigt die neueste zweistufige Straight-line-Maschine mit 508 mm Schneckendurchmesser. Es sei hier darauf hingewiesen, daß bei dieser Maschine eine Vorrichtung angebracht ist, die die Einführung



eines ganzen Kautschukballens ohne vorherige Zerkleinerung gestattet. Dieser Ballen wird unter stetigem Druck in den Einfülltrichter der Maschine geschoben, wodurch einheitliche Aufgabe und dementsprechend eine Höchstleistung erzielt wird. In dieser Maschine ist die Wirksamkeit der in der ersten Stufe geleisteten Arbeit erhöht.

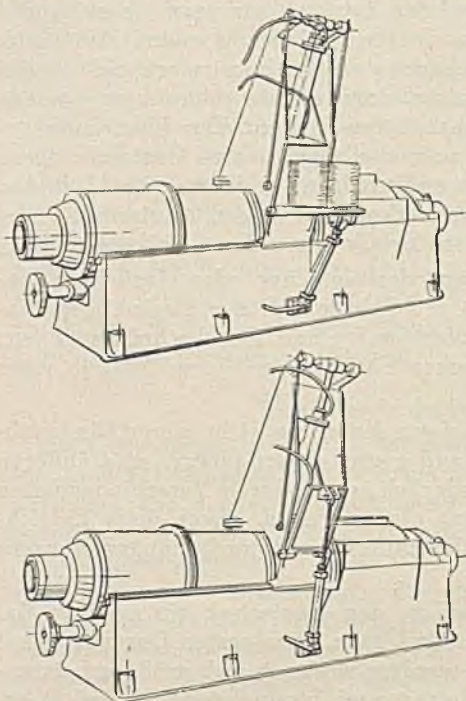


Abb. 85. Zweistufige Straight-line-Maschine

Kraftbedarf steigt mitunter auf 300, um dann wieder bis auf 265 PS abzufallen. Die Leistung schwankt im gleichen Verhältnis. Die Schwankungen beruhen besonders auf den Eigenschaften der Härte der der Maschine jeweils zugeführten Kautschukpartien. Die Plastizität des aus der Maschine ausgetretenen Kautschuks ist zwar nicht ganz einheitlich, die Unterschiede, die auf den verschiedenen eingeführten Kautschukarten beruhen, sind aber erheblich geringer als bei allen anderen Plastizierungsmethoden, bei denen dem Arbeiter eine gegebene Plastizierzeit als Richtlinie gegeben werden muß.

Härterer Kautschuk geht langsamer durch die Plastikatoren. Er wird stärker gearbeitet, es entwickelt sich eine höhere Temperatur, die Leistung ist geringer. Diese Erscheinung ist von größtem Wert, da hier eine Beeinflussung durch die Bedienung nahezu ausscheidet. Der Kautschuk gelangt in den Kalendersaal oder in den Spritzraum in viel einheitlicherem Zustand, als wenn er auf andere Art und Weise plastiziert worden wäre. Diese Erfahrung haben mehrere der großen amerikanischen Reifenfabriken gemacht.

Die Maschine mit der 380-mm-Schnecke weist eine Leistung von ungefähr 1600 kg Smoked sheet pro Stunde bei 30 Umdreh./Min. auf. Zum Antrieb ist ein 300-PS-Motor erforderlich. Bei 20 Umdrehungen pro Minute genügt ein 200-PS-Motor. Die Leistung fällt nicht im gleichen Verhältnis wie der Kraftbedarf. Demgemäß erhält man bei geringerer Geschwindigkeit mehr plastizierten Kautschuk je PS/h. Genaue Ermittlungen ergeben, daß bei 21 Umdrehungen pro Minute 6,25 kg Kautschuk pro PS/h plastiziert werden, während bei 30 Umdrehungen pro Minute nur 5,7 kg plastiziert werden. Der Kraftbedarf bei 21 Umdrehungen beträgt im Durchschnitt 193 PS und bei 30 Umdrehungen 287 PS. Es handelt sich um Durchschnittszahlen, die sich nur auf Smoked sheet beziehen. Der

Es ist schwer, Plastizitätszahlen von einer Fabrik auf die andere zu übertragen, da sich die zu ihrer Bestimmung in den einzelnen Laboratorien angewandten Methoden unterscheiden. Jede Fabrik hat nur für ihre eigenen Normen Interesse. In den meisten Fällen bedeuten daher die Zahlen der einen für eine andere Fabrik sehr wenig. Die einzige brauchbare Vergleichsmethode ist bei Kautschuk möglich, der in einem Walzwerk von 2100 mm Walzendurchmesser bearbeitet wurde. Bei Beschickung eines solchen Walzwerkes mit 135 kg und einer Verarbeitungsdauer von 17 Minuten ergibt sich bei Smoked sheet eine Plastizität, die einem einmaligen Durchgang durch einen Zweizylinderplastikator entspricht. 30 Minuten Walzzeit einer gleich großen Charge ergibt einen Kautschuk, der einem zweimaligen Durchgang durch den Plastikator entspricht. 45 Minuten entsprechen dreimaligem Durchgang. Diesen in einer bestimmten Fabrik gewonnenen Zahlen stehen andere aus einem benachbarten Werke gegenüber, die eine noch bessere Plastizität bei Arbeiten mit höherem Preßdruck erreichen. Deren Produktionszahlen sind aber erheblich niedriger, da sie nur 2400 kg gegenüber 3000 kg der anderen Fabrik beim ersten Durchgang aufweist. Die letzten Zahlen beziehen sich auf Kautschuk, der so weitgehend plastiziert ist, daß ein zweiter Durchgang sich erübrigt. Will man den Kautschuk ein zweites Mal durchführen, so wird der Preßkopf gelockert und die Leistung steigt. Aber die Plastizität ist nicht so gut. Man ersieht aus alledem, daß sich der Plastikator selbst an die verschiedensten Arbeitsbedingungen anpaßt und daß das Gleichgewicht zwischen Produktion und Plastizität den zu stellenden Anforderungen anpaßbar ist.

Kein Plastikator wird nassen oder auch nur feuchten Kautschuk verarbeiten. Auch gefrorener Kautschuk kann von der Maschine nicht mit der Geschwindigkeit verarbeitet werden, die eine Überhitzung verhindert. Man kann jede Art von Kautschuk in der Maschine verarbeiten. Will man aber reinweiße Ware herstellen, so empfiehlt es sich, helle Crêpe auf der Walze zu verarbeiten. Beim Durchgang durch den Plastikator steigt nämlich die Temperatur stark an und färbt helle Crêpe leicht braun, so daß eine reinweiße Farbe nicht mehr erzielbar ist. Dies ist die einzige Ausnahme für die Anwendbarkeit der neuesten Maschine.

Im letzten Modell der Straight-line-Maschine mit 508 mm Schnecken-durchmesser ist der Rotor auf zwei sehr schweren Walzenlagern montiert. Diese Lager tragen ausschließlich die Druckbelastung. Die durch den großen Durchmesser des Rotors bedingte Größe der Lager ergibt eine starke Unterbelastung und dementsprechend lange Lebensdauer derselben. Sie sind gegen Schmutzeintritt von außen geschützt, was zu ihrer Erhaltung beiträgt. Das Schneckenende wird auf einem Kingsbury-lager getragen, das für diese Maschine besonders konstruiert wurde. In diesem Lager rotieren nur die Zapfen, während der Druckring feststeht. Er ist wassergekühlt, so daß das die Last tragende Öl einen hohen Grad von Viskosität beibehält. Als Schmiermittel wird schweres Zylinderöl angewandt und die das Lager umgebende Kammer ist ganz mit dem Öl gefüllt bis auf 75 bis 100 mm über dem Druckring. Besondere Sorgfalt ist auf die Erneuerung des Ölvorrates verwandt, ebenso wie Vorsichtsmaß-



nahmen gegen das Eindringen von Sand oder Staub in die Kammer getroffen sind. Die Rollenlager werden mit säurefreiem Fett geschmiert. Da mitunter die Temperatur des Rotors verhältnismäßig hoch steigt, muß das Fett noch bis 120° C voll schmierfähig sein. Das Getriebe hat Herringbone-Syke-Verzahnung. Das Antriebsritzel sitzt auf einer Welle, die von zwei Ringschmierlagern getragen wird. Diese Welle macht etwa 100 Umdrehungen pro Minute und kann durch eine elastische Kupplung entweder mit einem langsamlaufenden Motor oder mit einem Herringbone-Reduziergetriebe verbunden werden. Im letzteren Falle ist eine weitere elastische Kupplung zwischen Reduziergetriebe und Motor vorgesehen. Es lassen sich Motoren mit einer Umdrehungszahl von 100 bis 120 pro Minute verwenden; doch empfiehlt sich die Anwendung von Motoren mit einer Umdrehung von 500 bis 600 Uml./Min.

Der für diese Maschine von 508 mm Schneckendurchmesser erforderliche Kraftbedarf beträgt 600 PS mit 10% Überlastungsspielraum. Diese Überlastungen sind nur von kurzer Dauer, so daß jeder gute, starke Motor geeignet ist.

Überall dort, wo täglich hinreichende Mengen Kautschuk verarbeitet werden und die Aufstellung zweier Maschinen erforderlich oder wünschenswert ist, kann ihre Aufstellung so geschehen, daß die Beschickung leicht durch einen Mann erfolgen kann. Die Abnahmebedienung der beiden Maschinen erfordert aber zwei Leute, und auch dabei ist noch eine automatische Zusatzeinrichtung notwendig. Vor allem wird der Kautschuk, der in der Form eines Schlauches aus der Maschine tritt, mittels einer stets vorhandenen Schneidmaschine abgeschnitten. Das aufgeschnittene Schlauchstück gelangt auf ein Transportband, nachdem es durch ein Walzenpaar geebnet und geglättet worden ist. Dieses Fell wird nun zweckmäßig von beiden Seiten mit Wasser besprüht und gelangt unter ein Schneidmesser, das so eingestellt ist, daß es Stücke von 900 bis 1000 mm Länge abschneidet. Die Stücke laufen auf dem Transportband bis zum Arbeiter, der sie abnimmt und auf eine sich langsam fortbewegende Fördereinrichtung aufhängt. Nach ungefähr 45 bis 60 Minuten gelangen sie zu demselben Arbeiter zurück, der die nunmehr ausgekühlten Felle abnimmt und auf einen Karren legt.

Mitunter wird der Kautschuk auch durch einen Kühltank geführt, der Wasser, versetzt mit Talkum, Seife oder dergl., enthält.

Die kleinere Maschine mit 380 mm Schneckendurchmesser kann mit einer Einrichtung geliefert werden, die kühlt, schneidet und die geschnittenen Felle dem Arbeiter an der Einfüllöffnung wieder zuführt. Dieser Mann hat hinreichend Zeit, die Felle entweder auf eine langsam bewegliche Transportanlage oder auf Karren zu legen. Im letzteren Fall wird der Kautschuk nicht so rasch abkühlen, und man muß zwischen dem ersten und zweiten Durchgang des Kautschuks durch den Plastikator mehr Zeit verstreichen lassen. Für diese Maschine muß der Kautschuk in Stücke bis zu 100 × 200 mm Querschnitt bei beliebiger Länge geschnitten werden.

Den verschiedenen Heiz- oder Kühlmänteln muß kaltes und heißes Wasser sowie Dampf zugeführt werden können. Das kalte Wasser findet

Anwendung in der Ummantelung der Zylinder und des Rotors, das heiße Wasser von 80 bis 100° C wird den Heizmänteln des Knetkopfes zugeführt. Frischdampf von ungefähr 5,5 kg/cm<sup>2</sup> Druck soll der Düse zugeführt werden, durch die der Kautschuk endgültig ausgespritzt wird. Zur Erzielung bester Ergebnisse sollen die Temperaturen der verschiedenen Kreisläufe sorgfältigst überwacht werden. Trotzdem weisen die meisten in Amerika in Betrieb befindlichen Plastikatoren lediglich eine Temperaturkontrolle für den Dampfmantel der Düse und für die Heißwassermäntel des Kopfes auf.

Unterschiede in der Temperatur des Kühlwassers scheinen ohne größere Bedeutung zu sein.

Die Maschine mit 380 mm Schneckendurchmesser wiegt ohne Antrieb 11 800 kg, die Antriebseinrichtung mit Grundplatte hat ein Gewicht von 5700 kg, die größere Maschine von 508 mm Schneckendurchmesser wiegt 29 400 kg, das Vorgelege 3850 kg und der Antrieb 11 300 kg. Das Gesamtgewicht ist demnach 44 600 kg.

## Herstellung von Mischungen

### Zweiwalzwerke für die Mastikation, Mischung und Anwärmung des Kautschuks

Solange die Kautschukindustrie besteht, ist der Kautschuk bis vor ganz kurzer Zeit auf zwei horizontal nebeneinander liegenden Walzen gemischt worden. Der Kautschuk lief auf der vorderen Walze, während die hintere Walze eine höhere Oberflächengeschwindigkeit als die vordere aufwies.

Im Mischraum übersteigen die Kosten für Kraft die Bedienungskosten ganz erheblich. Ein großer Teil der Kraft wird durch die Lagerreibung aufgebraucht, außerdem bedingt der erforderliche große Durchmesser der Walzenzapfen geringen mechanischen Wirkungsgrad. Große Durchmesser sind bei Gußstahlwalzen erforderlich. Bei Verwendung von Stahlwalzen kommen kleinere Lagerdurchmesser zur Anwendung.

Der Vorgang des Mischens ist aus Abb. 86 ersichtlich. Man sieht, wie der Kautschuk um die vordere Walze läuft, ferner ist in Abschnitt a der den Walzenspalten vorgelagerte Kautschukwulst und in b die Anhäufung von nicht absorbierten Füllmitteln gezeigt. Bei der Drehung der beiden Walzen ergibt sich eine Bewegung des Pulvers und des Kautschuks im Sinne der eingetragenen Pfeile. Im Wulst tritt eine in sich verlaufende Drehbewegung des Kautschuks auf, so daß der Kautschuk für gewisse Zeit im Wulst verbleibt und hierbei geknetet wird. Gleichzeitig zieht dieser Wulst dauernd zwischen sich und die hintere Walze Füllstoffe aus b ein.

Die Durchtrittsgeschwindigkeit des Kautschuks durch den Walzenspalt ist immer größer als die Umfangsgeschwindigkeit der Frontwalze. Der Unterschied ändert sich umgekehrt wie das Verhältnis aus der Breite des Walzenspaltens zur Dicke des auf der Walze laufenden Kautschuks. Beispielsweise wird bei einer Spaltweite von 6,5 mm und einer Dicke des Kautschukfelles von 13 mm der Kautschuk am Spalt um 100% be-



schleunigt. Die starke Dehnung, in der der Kautschuk durch den Walzenspalt läuft, gewährleistet eine gute und restlose Aufnahme der Füllstoffe.

Wenn man das der Arbeit am Walzwerk zugrundeliegende Prinzip studiert, ergibt sich als selbstverständlich, daß die im Kautschuk im

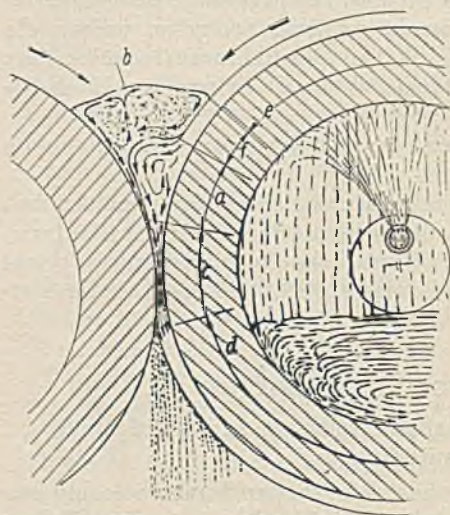


Abb. 86. Mischung des Kautschuks

Spalt entwickelte Wärme vom Kautschuk abgeleitet werden muß, bevor er wieder in den Wulst zurückkehrt. Es ist daher erforderlich, daß die Ableitung an das Kühlwasser und die Luft hinreichend sein muß, um einen allzu hohen Temperaturanstieg in der Mischung selbst zu verhindern. Die Wärmeableitung gegen das Innere der Walze ist stetig, der Temperaturanstieg im Kautschuk ist aber im Spaltsegment c sehr hoch. Nach Passieren dieser Stelle, also von d bis e, erfolgt allmählicher Abfall in der Temperatur des Kautschuks. Dann steigt die Temperatur erneut wieder an, in dem der Pulveranhäufung benachbarten Abschnitt f und im Kautschukwulst a. Bekanntlich kann man mit Vorderwalzen großen Durchmessers die Abkühlperiode d bis e verlängern, so daß ohne Gefahr des »Anbrennens« höhere Umfangsgeschwindigkeiten zulässig sind. Der Vergrößerung des Durchmessers sind aber durch die vom Arbeiter zu bewältigenden Kautschukmengen Grenzen gesetzt.

### Zweiwalzen-Mischwerke

Gleichgültig, ob sie für die Mastikation, die Mischung, Verfeinerung oder Anwärmung Anwendung finden, unterscheiden wir heute zwischen zwei verschiedenen Arten von Walzwerken, und zwar mit doppeltem oder einfachem Antrieb.

**Walzwerke mit doppeltem Antrieb.** Diese Art war seinerzeit fast ausschließlich im Gebrauch, ist aber heute weniger üblich, seitdem der direkte Antrieb einer Reihe von Walzwerken mittels Dampfmaschine durch motorbetriebene Aggregate verdrängt ist.

Die meisten Fabrikanten von Kautschukmaschinen stellen heute Walzwerke mit Doppelantrieb nur auf besondere Bestellung her; es gibt aber dennoch einige Fabrikanten, die sie an Stelle der mit Einzelantrieb versehenen Typen empfehlen.

Eine gute Konstruktion eines Walzwerkes mit Doppelantrieb liefert die Firma Francis, Shaw & Co. in Manchester. Der Antrieb beider Walzen mittels Zahnradgetriebeübersetzung kann nur durch ein richtig bemessenes Reduktionsgetriebe erfolgen, auch wenn zwischen ihnen

große Unterschiede in der Umfangsgeschwindigkeit bestehen. Bei der Anwendung von Walzen mit Doppelantrieb treten Nachteile auf, die sich aus der Anordnung der Hauptwelle unter den Walzen und der Schwierigkeit ihrer sachgemäßen Wartung, insbesondere hinsichtlich Schmierung und Einstellung ergeben.

Ein weiteres Beispiel eines Walzwerkes mit Doppelantrieb ist aus Abb. 87 ersichtlich. Es handelt sich hier um einen von Iddon Bros.

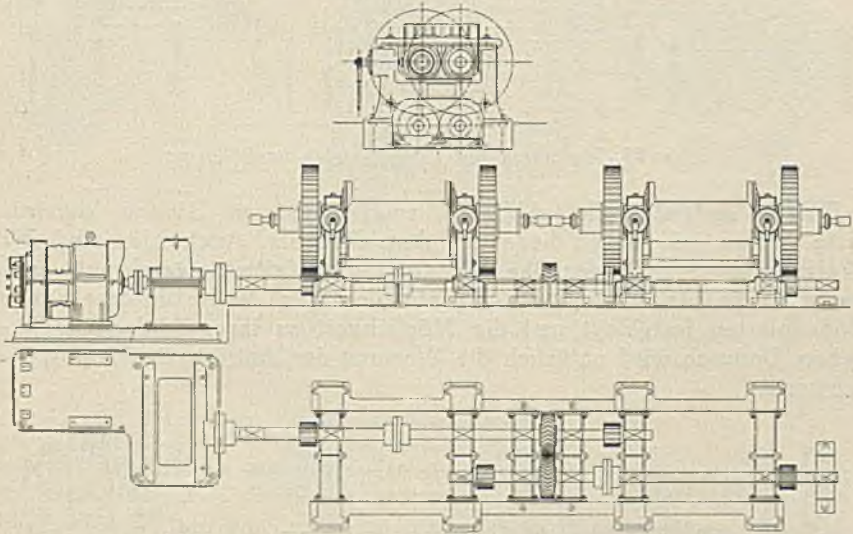


Abb. 87. Walzwerk mit Doppelantrieb nach Iddon

errichteten Satz schwerer Mischwalzen ( $560 \times 1550$  mm) mit Doppelantrieb und gegenläufiger zweiter Welle. Die Maschine ist mit Ritzelantrieb versehen. Beachtenswert sind die weit auseinanderliegenden Lager der Antriebsräder; dadurch wird Einzelabschaltung jedes Walzwerkes ermöglicht. Weitere Merkmale dieser Apparatur sind: durchgehende Grundplatte, Ringschmierlager, elektrische Einrichtung, bestehend aus automatischer Anlaßvorrichtung, Gegenstrom- und magnetischer Bremse sowie ein einstufiges Zahnrad-Reduziergetriebe.

**Walzwerke mit einfachem Antrieb.** Mischer, Mastikatoren und Vorwärmer werden heute selten mit einem höheren Übersetzungsverhältnis als  $1 : 1,5$  hergestellt. Unter diesen Umständen sind die mit einfachem Antrieb ausgerüsteten Walzwerke, die am Walzenende mit Zahnradern versehen sind, um die vordere Walze von der hinteren aus zu treiben, als sehr einfach, leistungsfähig und dauerhaft anzusehen.

**Rückwärtige Antriebswelle.** Es bestehen erhebliche Meinungsverschiedenheiten bezüglich der besten Art der Anbringung des Einzelantriebs. Abb. 88 zeigt eine Krupp-Maschine mit Einzelantrieb im Ausmaß  $665 \times 2100$  mm. Die Walzenrahmen sind auf eine Grundplatte aufgeschraubt, die auch die Lager der Antriebswelle trägt. Diese Walzenanordnung bietet leichtesten Zutritt zur Antriebswelle und einfache Aus-



baumöglichkeit der Walzen. Der kleine, für die vorstehende Antriebswelle erforderliche Raum ist unter Berücksichtigung der leichten Bedienungsmöglichkeit nicht von Bedeutung.

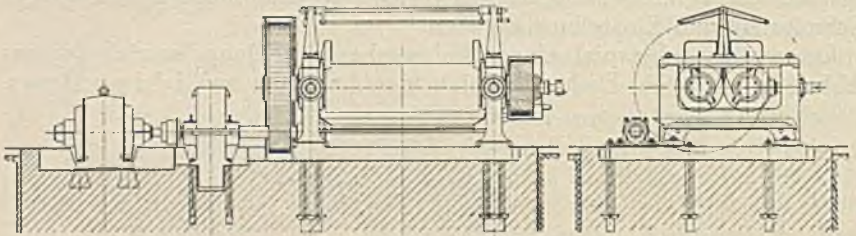


Abb. 88. Walzwerk mit Einzelantrieb nach Krupp

Untere Antriebswelle, Abb. 89 zeigt eine von Shaw konstruierte Walze, mit unten liegender Antriebswelle. Auch hier sind die Walzenrahmen in Bodenhöhe auf die Grundplatte aufgeschraubt und dadurch die Anordnung der Hauptwellenlager direkt unterhalb der Bodenplatten festgelegt und die Möglichkeit zu ihrer Abdeckung gegeben. Dadurch wird natürlich die Wartung der Antriebseinrichtung erschwert.

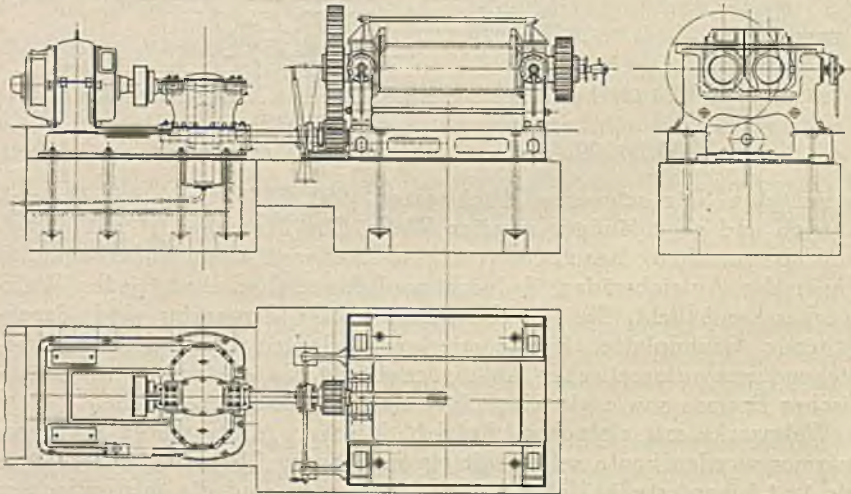


Abb. 89. Walzwerk mit Einzelantrieb nach Shaw

Es gibt eine Anzahl Gründe, die gegen die Verwendung von Wellenantrieben bei Walzwerken und für Kupplung der hinteren Walzen nach Art der Schiffsantriebe sprechen. Dabei ist besonderes Augenmerk auf die Kühlanordnung der rückwärtigen Walzen zu richten.

Abb. 90 zeigt eine in Vorschlag gebrachte Konstruktion einer elastischen Kupplung zwischen den rückwärtigen Walzen, um ein Nachgeben der Walze bei Belastung zu ermöglichen. Die zunehmende Beliebtheit

von Mischern geschlossener Bauart macht es wenig wahrscheinlich, daß in Zukunft viele neue Sätze von Mischwalzen noch Aufstellung finden werden. Da aber Vorwärmer des Zweiwalzentypus noch für viele Jahre

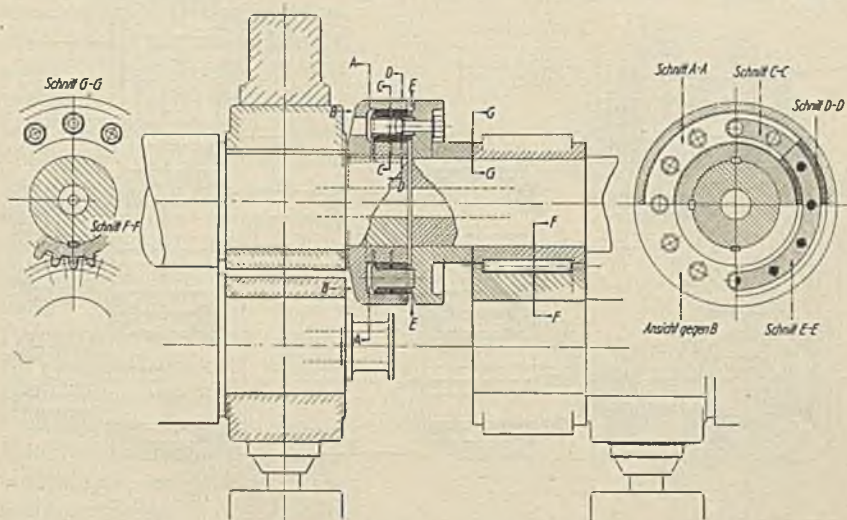


Abb. 90. Elastische Kupplung für Walzwerke

im Gebrauch bleiben dürften, sollte eine derartige Kupplungseinrichtung für Sätze für zwei, drei oder vier Maschinen wirtschaftlich sein. So gekuppelte Walzen würden keine rückwärtige Welle besitzen. Der Anschaffungspreis des Motors würde sich verringern, da das einzige Re-

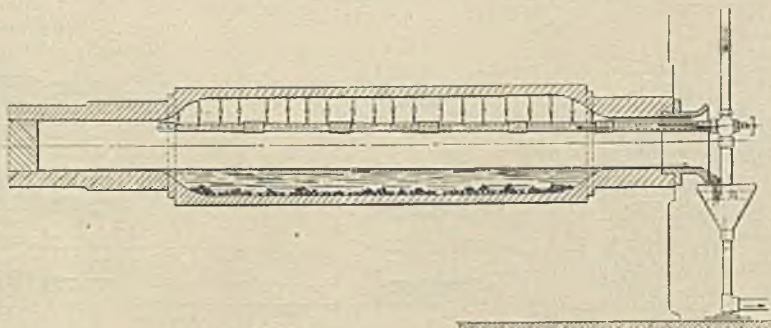


Abb. 91. Kühleinrichtung einer Walze

duktionsgetriebe, ob als Schnecken- oder Zahnradantrieb ausgebildet, höhere Motordrehzahlen zulassen würde, als die heute noch vielfach üblichen Walzenantriebe.

**Kühlung der Walzen.** Es sind eine große Anzahl besonders konstruierter Walzen gebaut worden, um die Kühlung zu verbessern. Am besten dürfte sich in dieser Beziehung eine gebohrte Stahlwalze von 50 mm Dicke bei etwa 245 mm Durchmesser eignen. Ein Beispiel einer solchen



Walze, die in Verbindung mit moderner Kühleinrichtung am besten und wirtschaftlichsten mit nicht besonders vorgekühltem Wasser arbeitet,

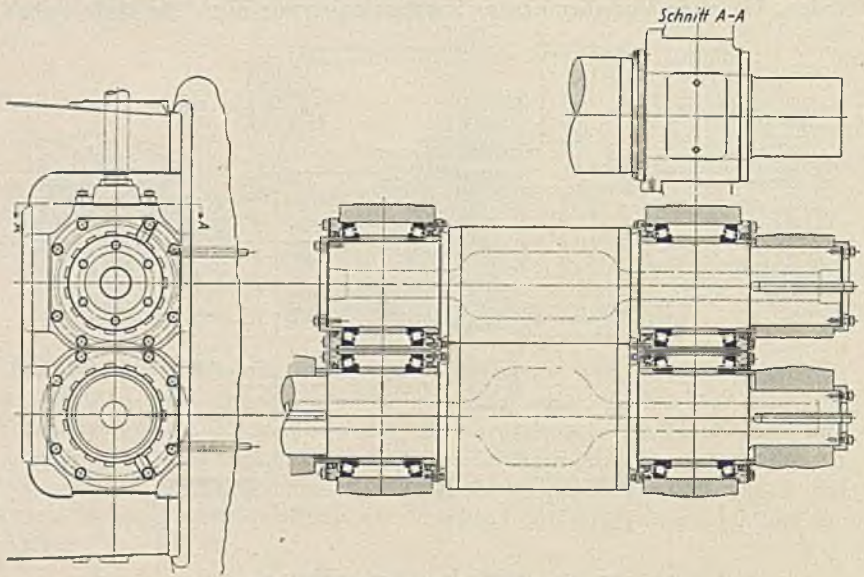


Abb. 92. Timkenlager (Klinedinst)

zeigt Abb. 91. Das Kühlwassereintrittsrohr wird hier durch eine große Bohrung eingeführt und das Wasser nach oben gegen die innere Walzen-

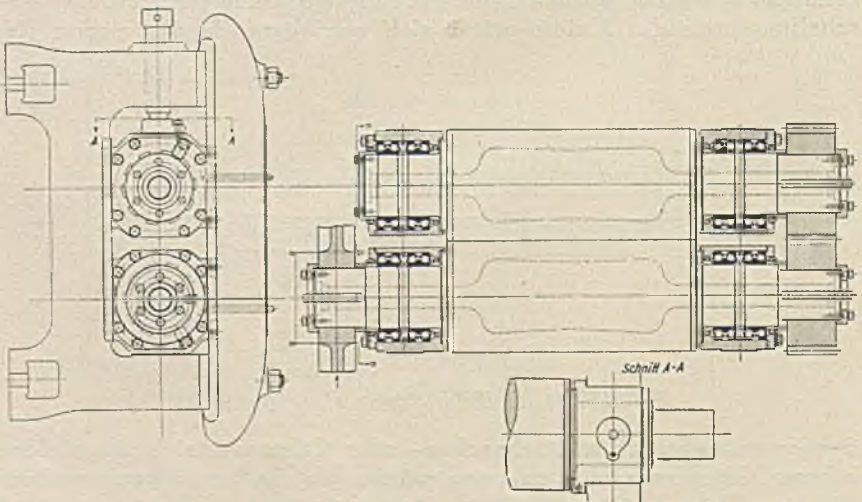


Abb. 93. Timkenlager für schwere Belastung

oberfläche gespritzt. In der Walze selbst befinden sich »Sternchen« aus Gußstahl, um Ablagerungen an der inneren Walzenoberfläche zu verhindern.

**Lager.** Die von Lagerfabrikanten (L. N. Klinedinst, I. R. W. November 1929) vorgeschlagenen Wälzlager sind sowohl von führenden Kautschuk- als auch Lagerfabriken untersucht worden. Abgesehen von einer gewissen Kraftersparnis beim Anlauf konnte keine hinreichende Kraftersparnis festgestellt werden, um das Abgehen vom Gußlager zu rechtfertigen. Die von Klinedinst besprochenen Timkenlager, wie sie für Mischwalzen empfohlen werden, sind aus Abbildung 92 ersichtlich. Die Ausgestaltung dieser Lager für Feinwalzen mit schwererer Belastung geht aus Abbildung 93 hervor. Beide Konstruktionen sind öl- und staubdicht ausgeführt. Ein anderes Beispiel ergibt Abbildung 94. Bei dieser Ausführung, die das Nachgeben der Walze bei schwerer Beanspruchung ermöglichen soll, verwendet die Firma Krupp SKF-Kugellager. Bemerkenswert ist die Labyrinthdichtung und die Einstellbarkeit der Lager bei bereits angebautem Antriebsrad.

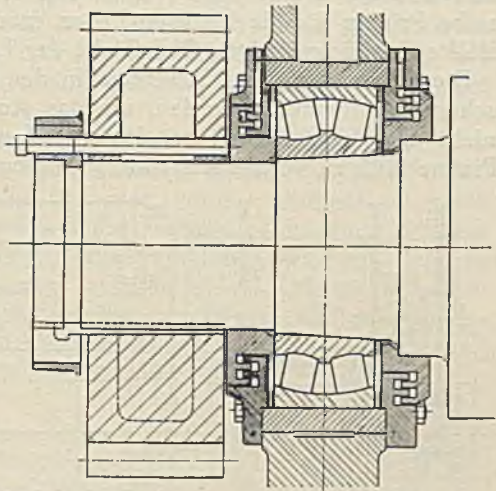


Abb. 94. Rollenlagereinbau  
(Fried. Krupp Grusonwerk A.-G.,  
Magdeburg-Buckau)

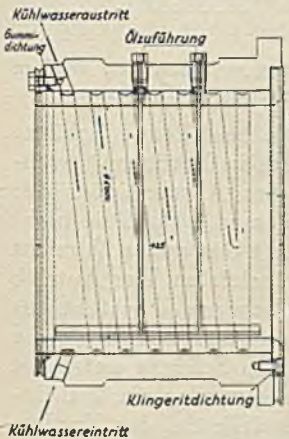


Abb. 95. Wassergekühltes Walzenlager  
(Krupp-Grusonwerk, Magdeburg)

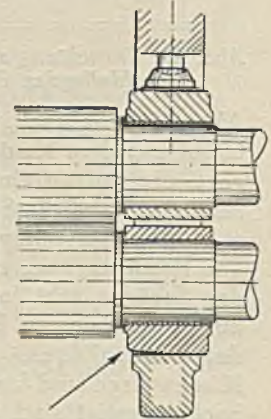
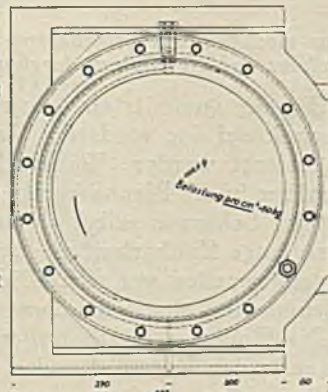


Abb. 96. Walzenlager

Abb. 95 zeigt eine Konstruktion von Krupp für wassergekühlte Walzenlager und mit Druckölschmierung.



Es wurde festgestellt, daß die Lager der Vorderwalze sich weniger rasch abnutzen als die der Hinterwalze, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß die erstere sich selbst einstellt, indem sie die Einstellschraube als Stütze dazu verwendet. Abb. 96 zeigt schematisch dasselbe Prinzip für die hinteren Lager, in der Weise, daß an der inneren Hälfte der rückwärtigen Oberfläche der Lager etwas Luft gelassen wird.

**Die Anwendung von Schürzen.** In den letzten 20 Jahren sind Mischschürzen entwickelt worden, um das Aufnehmen und Wiederaufgeben nicht absorbierten Pulvers, das zwischen den Walzen auf die untere Pflanze fällt, zu vermeiden. Eine gute Konstruktion einer Schürze ist aus

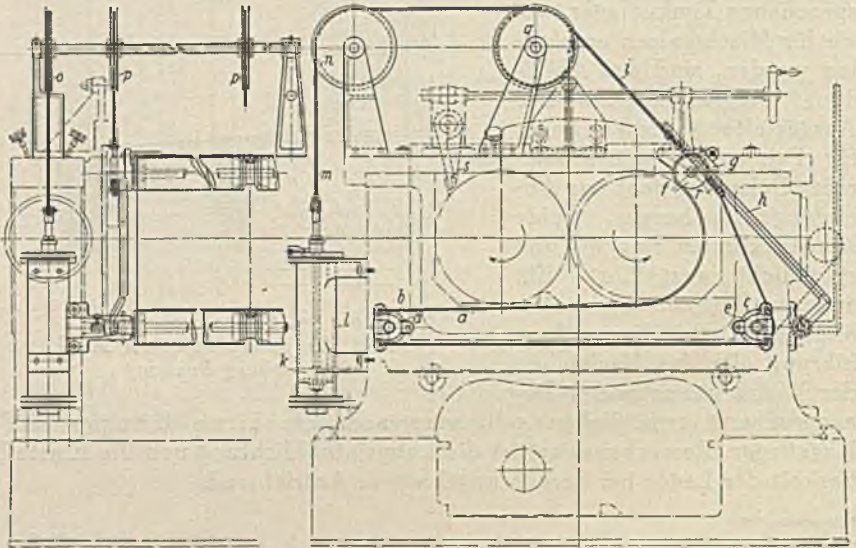


Abb. 97. Einrichtung zur mechanischen Beförderung des zwischen den Walzen durchfallenden Pulvers auf die Walzen durch sogenannte Schürzen

Abb. 97 ersichtlich. Die aus gummiertem Gewebe bestehende Schürze bleibt mit dem Kautschuk auf der vorderen Walze in Berührung, während die Pulver eingemischt werden. Während des Abschneidens der Mischung wird die Schürze in die Pflanze herabgelassen, so daß sie nicht stört. Die Herstellung der Schürzen selbst erfordert besondere Vorsicht und Erfahrung, um eine lange Haltbarkeit zu gewährleisten. Der Antrieb der Schürze geht folgendermaßen vor sich: Die Schürze *a* besteht aus einem gummierten Baumwollriemen von etwas größerer Breite als die der Walzenführung. Die Rollen *b* und *c* tragen die Schürze unter die Mischwalzen und laufen in den Lagern *d* und *e*, die wieder am Walzenbock befestigt sind. Die Schürze läuft nun um zwei Drittel der Vorderseite der Frontwalze und kehrt hier um die Rolle *f* um, die in den Lagern *g* ruht. Diese Lager können auf den Schienen *h* gleiten und werden durch Zugkabel *i* in Arbeitsstellung gehalten.

Der Kautschuk wird wie üblich auf die Walzen gebracht und dort so lange bearbeitet, bis er zur Aufnahme der Pulver hinreichend erweicht

ist. Dann erfolgt die Anpressung der Schürze hydraulisch über Kolben k im Preßzylinder l.

Wie in der Aufsicht gezeigt, läuft das Stahlkabel m um eine frei drehbare Laufrolle n und ist an einer Rolle o befestigt, die ebenso wie die Rollen p auf Welle q aufgekeilt sind. Die an den Rollen p befestigten Kabel i ziehen durch Pressung über die Druckfeder r die Lager g und damit die Rolle f schräg nach oben, spannen damit die Schürze und drücken sie gegen die Walze.

Wenn die Schürze so in Arbeitsstellung gebracht ist, werden die Füllstoffe wie üblich von Hand mit einer Schaufel aufgegeben. Die Pulver, die vom Kautschuk nicht absorbiert werden, werden automatisch durch die mit gleicher Geschwindigkeit wie die Frontwalze laufende Schürze aufgenommen. Sobald alle Füllstoffe absorbiert sind, wird die Schürze durch Einführung von Druckwasser unterhalb des Kolbens k herabgelassen. Zur Entfernung etwa auf der hinteren Walze sich ansammelnder Füllstoffe ist ein Schaber s vorgesehen. Die abgeschabten Füllstoffe fallen auf die laufende Schürze.

Die Schürzen sind in Amerika allgemein im Gebrauch, sofern es sich um Mischungen mit hohem Gehalt an mineralischen Füllstoffen handelt.

Eine einfache Anordnung, die ebenfalls die Handarbeit verringert, ist aus Abb. 98 zu ersehen. Die Pfanne ist hier nach vorne geneigt und mit einer Rinne versehen, in die die abfallenden Pulver durch ihr Eigengewicht gelangen, so daß sie von hier ohne dauernde Anwendung einer Bürste leicht entnommen werden können.

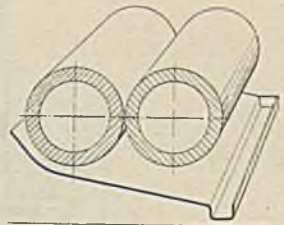


Abb. 98. Vorrichtung zur Rückführung der Füllstoffe

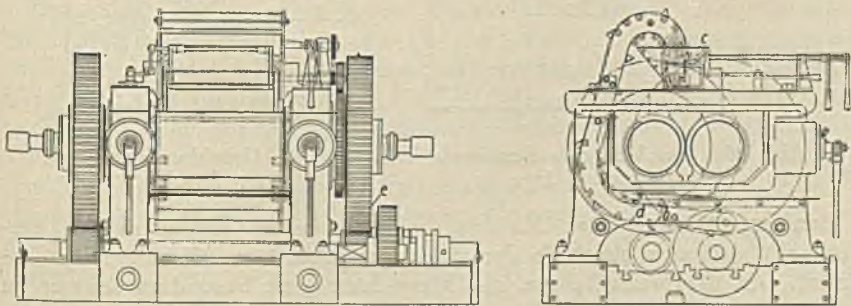


Abb. 99. Kontinuierlicher Schürzenaufgabeapparat nach Iddon

Eine weitere Möglichkeit zeigt Abb. 99. Es handelt sich hier um den von Iddon konstruierten verbesserten kontinuierlichen Schürzenaufgabeapparat für den Standardtyp eines Kautschuk-Zweiwalzen-Walzwerkes. Aus der Zeichnung sind die Schürze a und die Bechergefäße b, der Einfülltrichter c mit Verteilerrollen, der Antrieb e sowie die Gleitkörper f zu ersehen.



### Geschlossene Mischer

Den geschlossenen Mixern von Banbury sowie von Werner und Pfeleiderer war es vorbehalten, die Anlage und Mischmethodik grundlegend zu wandeln. Beide Maschinentypen wenden vornehmlich zwei um eine horizontale Achse gegeneinander rotierende Flügel an, die in zwei Ausbuchtungen eines geschlossenen Kastens untergebracht sind. Diese Maschinen kneten oder zerreißen den Kautschuk, während sie ihn gleichzeitig ausstreichen oder ausziehen, genau so, wie der Teig bei der Herstellung des Brotes behandelt wird.

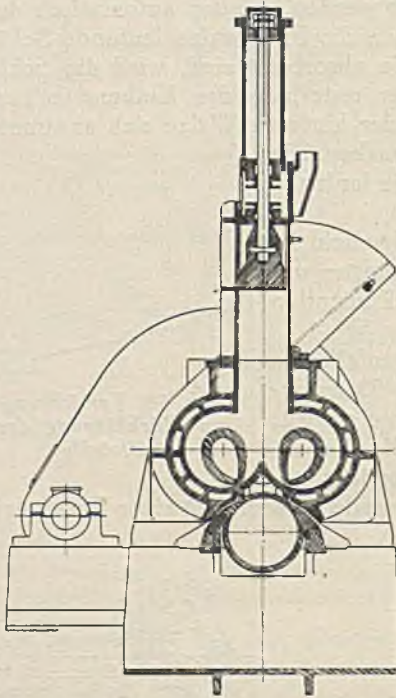


Abb. 100. Geschlossener Banbury-Mischer nach Bridge

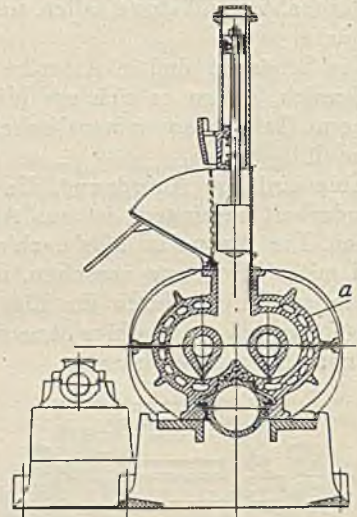


Abb. 101. Geschlossener Banbury-Mischer

**Banbury-Mischer.** Das Material wird in einen Einfülltrichter eingebracht, der sich oberhalb der völlig geschlossenen Mischkammer befindet. Die Erfahrung lehrte, die Maschinen ganz besonders schwer zu konstruieren. Sämtliche Zahnräder sind gefräst und laufen in einem Ölbad. Entsprechend der Größe der Maschine werden verschiedene Kühlvorrichtungen angewandt. So benötigt eine sehr kleine Maschine keinen Wassermantel (Abb. 100). Größere Maschinen weisen Hohlgußmäntel a für die Kammer auf, der Mantel kann je nach Erfordernis, wie in Abb. 101 gezeigt, mit Wasser oder Dampf gekühlt oder erhitzt werden.

Maschinen neuester Konstruktion (Abb. 102) kühlen die Zylinder an ihrer Außenwand durch Sprühen. Die Sprühhöhen sind in einem

Blechgehäuse a eingeschlossen. Die Kühlung wurde dadurch erheblich verbessert und geringerer Wasserverbrauch erreicht. Die beiden Knetflügel b sind hohl ausgeführt, um Wärmestauung zu vermeiden. Das Gewicht c wird durch einen Kolben d in einem Preßluftzylinder e gesteuert, so daß es gehoben, gesenkt oder nach unten gedrückt werden kann. Der Druckluftzylinder f zur pneumatischen Betätigung der Entnahmeöffnung enthält einen doppelt wirkenden Kolben g. Bei der größten Type wird diese Tür hydraulisch betätigt. Bei Entleerung der Mischkammer fällt die gemischte Charge frei heraus.

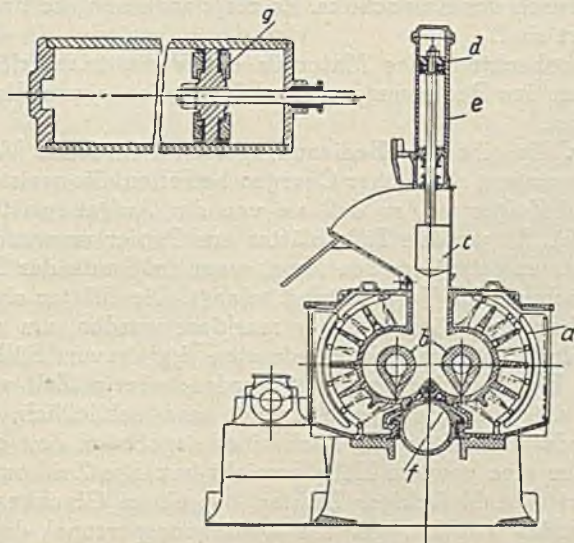


Abb. 102. Banbury-Mischer neuester Konstruktion

**Bedienung.** Es gibt eine große Anzahl verschiedener Möglichkeiten, die Maschine zu beschicken; die für die jeweilige Mischung geeignetste Methode muß durch Versuch ermittelt werden. Bei vielen Mischungen kann man den Kautschuk und die Füllstoffe gleichzeitig einführen, bei anderen Mischungen hingegen empfiehlt es sich, erst vorgewalzten Kautschuk einzubringen, diesen dann eine gewisse Zeit in der Maschine durchzuarbeiten und dann in bestimmten Zeitabständen die Füllstoffe gemeinsam oder einzeln einzuführen. Welcher Weg auch immer eingeschlagen wird — die Zusätze werden stets in den Einfülltrichter der laufenden Maschine eingeführt. Nach vorbestimmter Zeit wird die Mischung ausgetragen, die Entnahmetür geschlossen und eine neue Mischung aufgegeben.

Große Banbury-Maschinen, die für die Mastikation und Mischung oder lediglich für die erstere Operation Anwendung finden, können mit einem ganzen unzerlegten Rohkautschukballen beschickt werden und diesen ohne Schwierigkeiten plastizieren.

Zusätzliche Anordnungen zeigen dem Bedienungspersonal an, wann bestimmte Handhabungen zu verrichten sind:



1. Die Zeituhr. Diese wird für jede Charge in Betrieb gesetzt und ihre Zeiger geben an, wann die Füllstoffe und wann der Schwefel zuzusetzen sowie wann die Mischung fertig ist.
2. Das Registrierthermometer. Dieses steht dauernd in direkter Berührung mit den zu mischenden Materialien und zeigt die während der Mischung jeder Charge auftretenden Temperaturen an.
3. Der Führungsstab des Gewichtes. Dieser zeigt an, ob die Charge von den Rotoren absorbiert wird, anstatt im Mund des Einzeltrichters ruhig zu liegen.
4. Das Geräusch des Kautschuks. Es zeigt an, wann die Füllstoffe gut absorbiert sind.
5. Durch Beobachtung des Materials durch die trichterförmige Öffnung kann das Bedienungspersonal feststellen, wann die Mischung beendet ist.

**Die Zeituhr.** Sie gibt dem Bedienungspersonal bindende Vorschriften, die den Mischvorgang sämtlicher Chargen betreffen. Sie weist ein großes Zifferblatt und Zeiger auf, so daß sie von der Aufgabeplattform leicht beobachtbar ist. Es werden Zifferblätter aus Papier verwendet, so daß ein neues Blatt aufgelegt werden kann, wenn im Laufe der Tagesarbeit eine neue Mischung zur Verarbeitung gelangt. Die Blätter sind mit Einteilung versehen und können daher markiert werden, um anzuzeigen, wie lange der Kautschuk durchzukneten ist, bevor Füllstoffe und Schwefel und Beschleuniger zugefügt werden; wieviel Zeit verstreichen muß, bevor die Schwefelzugabe erfolgt und schließlich, wann das Mischen beendet ist, sei es nun nach einer gegebenen Zeit oder sobald die Temperatur eine gewisse Höhe erreicht hat. Die Zeitkontrolle kann auch mit einer Anzahl farbiger Lichter, mit einem Glockenschlag oder beiden verbunden werden, um das Bedienungspersonal daran zu erinnern, daß es Zeit ist, die nächste Handhabung zu verrichten.

Das Registrierthermometer gibt eine Aufzeichnung über den Temperaturverlauf des gesamten Tages und zeigt an, ob die Vorschriften der Zeituhr befolgt wurden. Es schreibt auf, wann jede Charge begonnen wurde sowie die Zeit und Temperatur der Entladung. Es notiert den Zeitpunkt, wann das Gewicht zwecks Zugabe der Füllstoffe gehoben wurde und ob es zu lange oben belassen wurde, ebenso wie es die Intervalle zwischen den einzelnen Chargen vermerkt.

Gute Beobachtung der Mischvorschriften gewährleistet einheitliche Mischung bewährter Qualität. Sollten Laboratoriums- oder andere Untersuchungen mangelnde Homogenität oder mangelnde Güte nachweisen, so wird eine Betrachtung der Aufzeichnungen sofort ergeben, ob die Ursache dieser Fehler auf ungenügende Beobachtung der Mischvorschriften zurückzuführen ist. Es gibt keine andere Mischmethode, die eine so scharfe Kontrollmöglichkeit der Arbeit bietet.

**Chargen- und Weichheitsindikator.** Das Gewicht im Einfülltrichter, das die Materialien im eigentlichen Mischraum niederhält, hat auch eine weitere wichtige Aufgabe. Der Zustand der Charge, die sich gerade in Arbeit befindet, läßt sich durch Beobachtung der Höhe und Schwankungen des »Anzeigestabes« überwachen, der an dem Gewicht befestigt

ist und aus der Maschine nach oben herausragt. Die Lage und die Bewegung dieses Stabes zeigt den Grad der Weichheit der zu verarbeitenden Charge an, ebenso wie er Anhaltspunkte dafür gibt, ob die Mischkammer richtig beschickt ist, oder ob sie überlastet wurde.

**Antriebssystem.** Normalerweise werden Synchronmotoren verwendet, die mit Zahnradreduziergetriebe ausgerüstet sind. So können auch z. B. zwei Banbury-Mischer Nr. 11 durch einen 600-PS-Motor angetrieben werden. Jeder Mischer entleert auf ein Transportband, das eine Ausziehwalze von 2100 mm Durchmesser beschickt. Die vielen Möglichkeiten, den Mischer mit der Walze zu kombinieren, gestatten beste Anpassung an die lokalen Verhältnisse.

**Ausziehen des gemischten Kautschuks.** Nachdem die Charge im Banbury gemischt ist, wird sie auf besonderen Walzwerken zu Fellen ausgezogen. Von den vielen Möglichkeiten der Aufstellung seien folgende zwei erläutert:

Abb. 103 zeigt einen Banbury-Mischer Nr. 3 auf erhöhtem Fundament oberhalb der Ausziehwalze. Der Arbeiter beschickt den Mischer direkt aus der im oberen Stock gelegenen Mischkammer. Das gemischte Material fällt durch eine Rinne zur Ausziehwalze.

Abb. 104 zeigt die Anlage eines Banbury - Mixers Nr. 9 und einer Ausziehwalze von 1500 mm Durchmesser auf gleicher Höhe. Die Beschickung der Walze erfolgt durch ein ansteigendes Transportband in Verbindung mit einer kurzen verstellbaren Fallrinne, um auch das Arbeiten auf der rückwärtigen Walze des Walzwerkes zu ermöglichen.

Die Entwicklung des Banbury-Mischers datiert von ungefähr 1920, von welchem Zeitpunkt an die Mittelgrößen dieser Maschinen in den Vereinigten Staaten regelmäßige Verwendung fanden, und zwar zunächst zur Mastikation von Rohkautschuk. Später fanden sie Anwendung zur Herstellung von Grundmischungen (sogenannten Masterbatches) aus Kautschuk und Ruß, dann auch zur Nachwärmung des Kautschuks für Spritzmischungen.

Heute wird der Banbury in Gummifabriken vornehmlich zur Herstellung von Mischungen und weniger zur Vorknetung oder Anwärmung verwandt. Bei Inbetriebnahme des Banbury muß sich jede Fabrik dar-

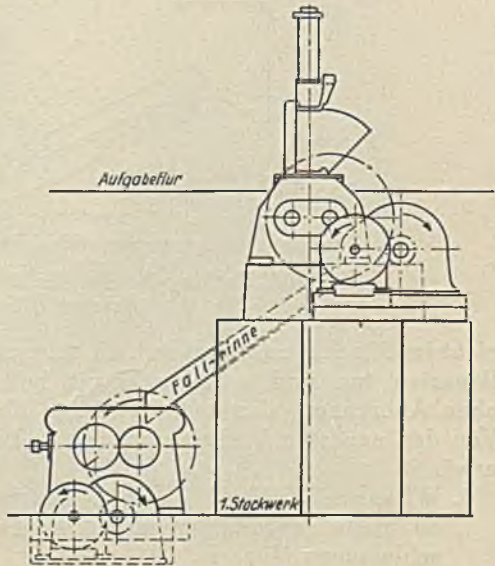


Abb. 103. Banbury-Mischer Nr. 3 auf erhöhtem Fundament, oberhalb der Ausziehwalze angeordnet



über klar werden, wie diese Maschine am vorteilhaftesten anzuwenden ist. In der Reifenfabrikation — und dies ist wohl heute das größte Anwendungsgebiet des Banbury — arbeitet man am besten folgendermaßen: Vorwalzung auf Zweiwalzenwerken, Mischung im Banbury, Zusatz des Schwefels und der Beschleuniger und gründliche Durchmischung auf einem oder mehreren Zweiwalzenstühlen. Die zeitgemäße Banburymaschine ist im Vergleich zu der älteren Bauart erheblich verbessert. Die Besitzer älterer Maschinen, die früher Schwefel und Beschleuniger

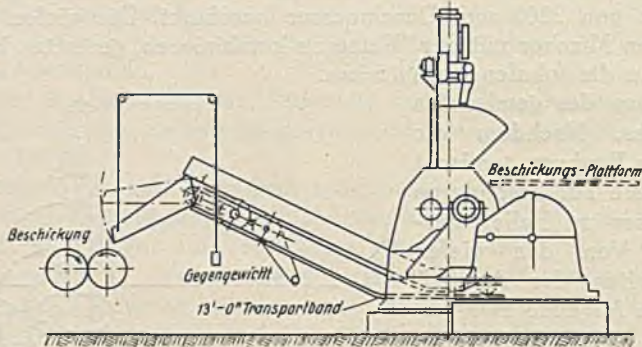


Abb. 104. Banbury-Mischer Nr. 9 mit Ausziehwalze auf gleicher Höhe

nicht im Mischer zusetzen wollten, können dies heute bei den modernen Bauarten tun und arbeiten damit betriebssicher und wirtschaftlich, ohne Anbrennen oder ungleichmäßige Mischung befürchten zu müssen. Von den neuesten Verbesserungen der Banbury-Mischer seien folgende erwähnt:

1. Wirksame Kühlung durch Wasserberieselung der Kammerwände an Stelle des weniger wirksamen Durchflusses von Wasser in geschlossenen Mänteln.
2. Die Wände der Mischkammer bestehen aus Stahlfutter und sind somit haltbarer und leichter auswechselbar.
3. Die Kanten der Mischflügel sind zur Erzielung besserer Haltbarkeit besonders sorgfältig bearbeitet.
4. Verbesserte und leicht zu handhabende Abschlußklappe für den Einfülltrichter. Betätigung dieser Klappe durch Preßluft kann auf Wunsch vorgesehen werden, wie die in Abb. 105 dargestellte Sonderausführung zeigt.
5. Vorrichtung zur Verhinderung lästiger Staub- und Dämpfbildung bei der Beschickung des Mixers.
6. Bessere Luftventile erleichtern Einstellung und Regelung der Maschine.
7. Verbesserte Bedienungsvorrichtungen, die
  - a) einfache Handhabung gestatten und
  - b) die eine genaue Überwachung jeder Charge ermöglichen und Aufzeichnung von Zeit, Temperatur und Arbeitszustand gestatten.

8. Eine verbesserte Ausführung nachstellbarer und leicht zu überwachender Stopfbuchsen.

9. Einstellbare Mischflügel.

Die neuen Maschinen sind viel kräftiger gebaut, und die Fabrikanten haben heute eine so große Erfahrung, daß sie den jeweiligen Anforderungen bestens entsprechende Anordnungen empfehlen können.

Der Banbury-Mischer, ganz objektiv als ein Stück moderner Misch-einrichtung betrachtet, ist als umwälzende Erfindung anzusprechen. Die

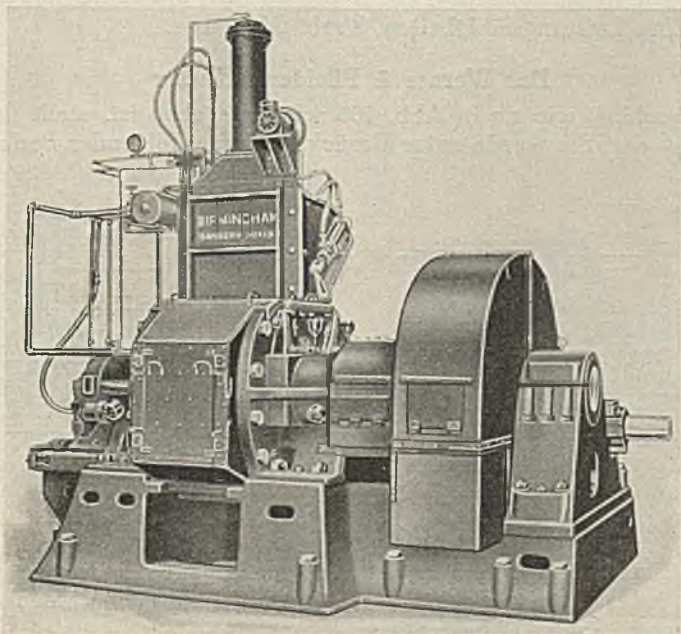


Abb. 105. Banbury-Mischer. Einfülltür durch Preßluft bedienbar

Ersparungen an Arbeitskraft, Wasser- und Raumkosten sind sehr groß, wenn auch unterschiedlich je nach Arbeitsweise. Wenn beispielsweise die ganze Arbeit im Banbury geleistet werden kann, ist die Ersparnis gegenüber dem üblichen Walzverfahren natürlich viel größer, als wenn die Mastikation und der Zusatz des Schwefels erst auf dem Walzwerk erfolgen muß.

In einem richtig betriebenen Banbury ist die Regulierung weitgehend dem Eingriff des Bedienungspersonals entzogen. Dagegen müssen bei Verarbeitung in der Walzanlage die Chargen immer auf die Qualität der Arbeit nachgeprüft werden.

**Herstellung von Mischungen verschiedener Farbe.** Es gibt Maschinen, die regelmäßig verschiedene Farbmischungen wie Weiß, Grün, Grau, Rot, Braun und Schwarz an demselben Tag in derselben Apparatur verarbeiten. Das Innere der Maschine reinigt sich von selbst, und der Einfülltrichter und der untere Teil der Maschine, wo die Charge ausgetragen



wird, läßt sich von Füllstoffen freihalten. Dennoch empfiehlt es sich, die Folgen der Farben möglichst so einzurichten, daß die weiße Mischung zuerst verarbeitet wird, um dann mit zunehmender Schattierung mit Schwarz am anderen Ende der Farbskala aufzuhören. Dies erübrigt die gründliche Reinigung der Maschine zwischen den Chargen mit der Sorgfalt, die erforderlich wäre, wenn man beispielsweise von Schwarz auf Weiß übergehen muß.

Die Banbury-Mischer werden heute in den verschiedensten Größen geliefert. Die nebenstehende Tabelle verdeutlicht die heute hergestellten Größen, ihre Leistungsfähigkeiten, Kraftbedarf usw.

### Der Werner & Pfleiderer-Knetter

Die Maschine, wie sie in Abb. 106 wiedergegeben ist, stellt den Typ G. K. 141½ dar. Sie wurde unter Berücksichtigung folgender Punkte ent-

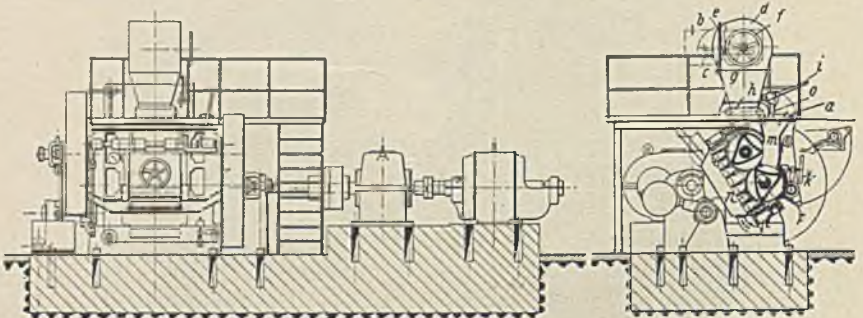


Abb. 106. „Universal“ Gummi-Knetter (Werner-Pfleiderer)

wickelt: Einheitliche Mischung ist die grundlegende Bedingung für die Qualität jedes Fertigproduktes, sei es Reifenlauffläche, mechanische Gummiwaren, Sohlen, Absätze usw.

Die Einheitlichkeit einer Mischung, die auf Walzwerken hergestellt wurde, ist zu sehr von der Sorgfalt des Arbeiters abhängig.

Eine automatische Mischmethode gewährleistet hingegen in jedem Fall völlige Gleichmäßigkeit der Mischung. Durch Konstruktion zylindrischer Oberflächen der Rotorflügel erhält man die Mahlwirkung gewöhnlicher Mischwalzen, d. h. die einheitliche Aufnahme der Füllstoffe und die Friktionswirkung auf den Kautschuk.

Die Bedienung des Werner & Pfleiderer-Kneters ist einfach. Die erforderliche Menge Rohkautschuk wird durch die trichterförmige Öffnung a eingefüllt. Die pulverförmigen Zusätze werden aus einem Kippbehälter b der Maschine zugeführt, der sich auf den Gleitschienen c bewegt. Die Beschickung erfolgt staubdicht unter der Haube d bei verschlossener Tür e. Der Behälter b wird nun durch das Handrad f gekippt, die Füllstoffe fallen durch den Trichter g auf das Zuführungsband h. Nachdem das Vorwalzen beendet ist, erfolgt die Zuführung der Füllstoffe durch einfache Betätigung des Hebels i. Die Füllstoffe werden so automatisch in gleichmäßigem Fluß der Mischung zugeführt, wobei

## Kapazität, Pferdestärke und Raumbedarf der Banbury-Mischer

Maschinen- größe	Ungefähre Größe der Charge in kg für verschiedenes Material				Motor- leistung in PS bei Einzel- antrieb	Durch- schnittl. Kraft- verbrauch in PS	Ungefährer Raumbedarf in m		Gesamte Höhe in m
	Roh- kaut- schuk	Material von 1,25 spez. Gew.	Material von 1,50 spez. Gew.	Material von 2,10 spez. Gew.			Ohne Antrieb	Mit Antrieb und Motor	
Lab.	2	2,5	3	3,5	7,5	4,5	Angebauter Antrieb	<sup>1)</sup> 1,20×1,25 <sup>2)</sup> 2,00×1,25	1,20
Nr. 1	8	10—14	12—15	16—20	20	15	Angebauter Antrieb	2,50×1,85	1,50
<sup>3)</sup> Nr. 3	30	34—43	40—50	55—65	75	60	Angebauter Antrieb	4,95×2,45	3,75
Nr. 3-A	40	45—55	55—65	70—80	100	80	Angebauter Antrieb	4,95×2,45	3,90
Nr. 9	90	100—125	125—150	160—200	150	120	4,40×2,45	8,00×2,85	4,00
Nr. 10-W	100	125—150	150—170	190—240	<sup>4)</sup> 300	200	4,60×2,85	8,85×3,20	4,35
Nr. 11	120	135—165	165—200	225—275	250	200	4,60×2,85	8,85×3,20	4,35
Nr. 27	275	300—375	375—450	500—600	500	350	7,40×3,45	11,70×3,90	5,80

- 1) Einfach aufgehängte Maschine mit Motor an der Seite
- 2) Doppelt aufgehängte Maschine mit Motor am Ende
- 3) Mischer Nr. 3 wurde ersetzt durch Nr. 3 A
- 4) Der Antrieb erfolgte durch 300-PS-Motor, um Erwärmungsspitzen zu vermeiden



die Menge der aus dem Trichter kommenden Chemikalien durch Hebel i regulierbar ist. So können je nach Erfordernis der herzustellenden Mischung die Füllstoffe langsam oder in der kürzesten Zeit zugefügt werden und dadurch wird einheitliche Verteilung selbst der geringsten Füllstoffmengen von Anbeginn an gewährleistet. Nach Zusatz der Füllstoffe sind nunmehr drei bis vier Minuten erforderlich, um die Mischung völlig zu homogenisieren. Ohne den Motor auszuschalten oder eine Kupplung zu lösen, wird der Behälter durch Betätigung des Handrades k geöffnet, 30 bis 40 Sekunden genügen, um die Charge restlos in eine Karre oder auf ein Transportband zu entleeren.

Die Werner & Pfeleiderer-Maschine ist in ihren Teilen auf Grund ausgedehntester Erfahrungen konstruiert und rauhester Behandlung angepaßt.

Der Knettrog besteht aus zwei Teilen l und m. Die Aufteilung liegt in der Ebene der Flügelachsen, die Lager der Flügel sind ebenfalls zweiteilig und leicht zugänglich. Die Stahlgußwanne n des unteren Trogteiles ist auswechselbar und an Stelle der Mantelkühlung mit Kühlrippen versehen. Der aus Spezialguß hergestellte Trogoberteil, die Flügel und der aufklappbare Deckel haben Wassermantelkühlung. Der untere Teil wird durch Spritzwasser gekühlt.

Die beiden Knetflügel weisen eine bewährte und wirksame Form auf, die auf den neuesten Erfahrungen beruht. Die gesamte Innenseite des Troges und die Knetflügel sind bearbeitet.

Der Knetter besitzt kräftige gehobelte mit Berührungsschutz versehene Zahnräder. Alle Antriebsteile sind von der Rückseite der Maschine aus leicht zugänglich, sämtliche Lager geteilt angeordnet. Der Knetter wird von einer Einbringplattform aus bedient, der Rohkautschuk und die anderen festen Bestandteile werden durch die Öffnung a eingebracht, die durch den Deckel d staubdicht abgeschlossen werden kann. Die Pulver werden, wie erwähnt, durch den Trichter g gleichmäßig und staubfrei zugeführt. Die Beschickungsplattform ist hinreichend groß dimensioniert, um das Material für mehrere Mischungen ohne Behinderung des Arbeiters aufstapeln zu können. Der Mischvorgang läßt sich während seiner ganzen Dauer durch Aufklappen der vorderen Türe p beobachten. Das Innere der Maschine ist somit für Beobachtung und gründliche Reinigung leicht zugänglich.

Öffnung und Verschluß der Tür erfolgt durch Handrad k. Durch besondere Konstruktion der Verschlußeinrichtung kann die Tür bei im Betrieb befindlicher Maschine geöffnet und geschlossen werden.

Das Fassungsvermögen des G. K. 141 $\frac{1}{2}$  ist 90 Liter. Bei einem spezifischen Gewicht des Rohkautschuks von 0,9 sind das etwa 80 kg. Bei Mischungen entsprechend mehr oder weniger, je nach ihrem spezifischen Gewicht.

Die für die Fertigstellung einer Mischung erforderliche Zeit hängt weitgehend von der Zusammensetzung und der Art der verwendeten Materialien ab. Im Durchschnitt ist bei vorgewalztem Rohkautschuk mit einer Mischzeit von 10 bis 20 Minuten zu rechnen.

Der Kraftverbrauch beträgt etwa 100 bis 120 PS durchschnittlich und 180 PS maximal. Um Überlastung zu vermeiden, muß daher ein 180-PS-Motor gewählt werden, der für 225 PS zu sichern ist. Die Maschine ist für direkten elektrischen Antrieb über ein Stirnradreduziergetriebe gebaut. Sämtliche Lager haben Gruppenschmierung. Auch die Regulierventile für die Zu- und Abfuhr des Kühlwassers sind gruppenweise zusammengefaßt. Zur Beheizung des Kneters ist eine Mischdüse zur Erzeugung von heißem Wasser vorgesehen. Die Temperatur des eintretenden Wassers wird durch ein Thermometer überwacht, die Temperatur der Charge selbst durch ein Fernthermometer. Das Nettogewicht des Apparates beträgt ungefähr 17 000 kg.

### Bemerkungen über Banbury-, Werner & Pfeleiderer- und Gordon-Maschinen

Die Banbury-, Werner & Pfeleiderer- und Gordon-Maschinen arbeiten mit geringerem Leerlauf als die üblichen Mischwalzwerke, ohne Verlust an Material und erzeugen stets gleichmäßige Mischungen.

In der Banbury- und der Werner & Pfeleiderer-Maschine drehen sich zwei besonders ausgebildete Flügel gegeneinander und erfassen den Kautschuk, der aus dem Trichter kommt, ziehen ihn nach unten und quetschen ihn dann längs der Zylinderwandungen wieder nach oben, so daß er wieder zwischen die gegeneinanderlaufenden Knetter geführt wird. Die Mischflügel sind ganz von Kautschuk umgeben, so daß keinerlei einseitige Belastung entstehen kann.

Die Steigung der Flügel bewegt das Material dauernd in axialer Richtung. Der dabei rückwirkende Gegendruck wird durch besondere Drucklager aufgenommen.

Der Banbury-Mischer paßt sich infolge steigender Erfahrung bei Gebrauch und Herstellung immer mehr und mehr den Bedürfnissen sowohl großer wie kleiner Fabriken an, die sich darüber einig sind, daß die der Maschine zugesagten Vorteile tatsächlich vorhanden sind. Dasselbe läßt sich auch für den Werner & Pfeleiderer-Mischer sagen.

Der Gordonplastikator ist, wie bereits besprochen, eine große Spritzmaschine, die ihre Schneckenlänge sozusagen in drei Abteilungen unterteilt hat.

1. Die Aufnahmeabteilung, die den Kautschuk in die Apparatur zieht, knetet und gleichzeitig entlang der Schnecke drückt.
2. Die Abteilung, in der der Kautschuk weiter geknetet, gerollt und gezogen wird.
3. Die abschließende kurze Knetabteilung, in die der Kautschuk zwischen einer gerieften Schnecke und einer ebenfalls gerieften Düse durchgearbeitet wird, um dann durch den Druck des nachfolgenden Kautschuks aus dem Düsenmund auszutreten.

In vielen Fällen kann der Kautschuk vorteilhaft mehrmals hindurchgetrieben werden.

Diese Maschine weist zwei Rollenlager für den Rotor und ein Drucklager auf.



Während die Banbury- und die Werner & Pfeleiderer-Maschine zwei-flügelige Mischer darstellen, ist der Gordonplastikator als eine besonders ausgebildete Spritzmaschine zu bezeichnen.

Obwohl die Gordonmaschine sich in Europa erst allgemein bewähren muß, erscheint ihre Arbeitsweise aussichtsreich. Es ist daher anzunehmen, daß die Kautschukindustrie auf dem besten Wege ist, Mastikationseinrichtungen zu finden, die eine erhebliche Ersparnis an Kraft, Arbeit, Raum und Kosten bei gleichzeitiger Erzeugung eines besseren Produktes ermöglichen.

## Vorwärmen des Kautschuks

In vielen Kautschukfabriken ist man auch heute noch der Auffassung, daß eine wirtschaftliche Produktion erzielbar ist, wenn man die Kautschukfelle direkt aus dem Lager auf die übliche Heizwalzen bringt und vorwärmt. Mitunter bedient man sich zur Vorwärmung heizbarer Kamern, zuweilen auch warmen Wassers.

Geriefte Walzen verwendet man dann, wenn in jedem Walzraum mehr als 22 500 kg Kautschuk wöchentlich verarbeitet werden. Durch Einlegen des Kautschuks in heißes Wasser vor dem Mastizieren kann die Leistung noch gesteigert werden. Die beste Anordnung einer derartigen Vorbrechwalze von üblicherweise 450 bis 500 mm Durchmesser ist, sie so aufzustellen, daß sie zweckmäßig sechs Anwärmwalzen von 1500 mm Breite bedienen kann. Oft empfiehlt es sich, einen Vorbrecher für zwei große Anwärmwalzen zu verwenden, wenn die Vorwärm-anlage nicht eine geschlossene Einheit darstellt.

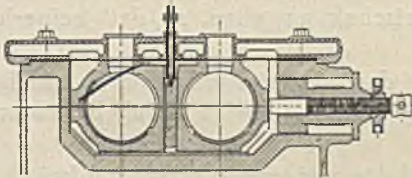


Abb. 107. Vorbrecher Typ Iddon

Bei Verwendung eines Vorbrechers genügt es, den kalten und steifen Kautschuk nur zwei- bis viermal durch den Walzenspalt zu führen, um ihn so niederzubrechen und zu erweichen, daß er auf der Anwärmwalze sofort zu einem zusammenhängenden Fell läuft. Vorbrecher benötigen in den ersten Sekunden der Beschickung im allgemeinen einen Kraftbedarf von 150 PS und sollten daher in einer Walzenbatterie angeordnet sein, um gute Motorausnutzung zu sichern.

Trotz der momentartigen hohen Belastungsspitzen bei Vorbrechwalzen ergibt sich eine erhebliche Ersparnis an Kraft bei den eigentlichen Vorwärmwalzen, und es ist eine Seltenheit, daß überall dort, wo Vorbrecher Anwendung finden, ein Bruch der Lagerbuchsen erfolgt. Der Rahmen des Vorbrechers soll aus Stahl hergestellt sein, wie überhaupt die Maschine rauher Behandlung angepaßt sein muß.

**Vorbrecher Type Iddon.** Abb. 107 stellt einen Querschnitt durch die Lager der geriffelten Vorbrechwalze von Iddon dar. Man ersieht aus der Abbildung die Fettschmierung, den Einstellkeil zwischen den Lagerblöcken, um gegenseitige Beschädigung der Walzen zu verhindern, die

Einstellschraube für die Lagerblöcke und die Sicherung durch Gegenmuttern. Wie aus dem Arbeitsverfahren hervorgeht, sind robuste Einstellvorrichtungen sowie Vorkehrungen zur Aufnahme der bei Beschickung und Entleerung auftretenden schweren Belastungen dringend erforderlich.

## Kalander

### Beschickung der Kalander

Da einwandfreie Arbeit am Kalander oder der Spritzmaschine weitgehend von der Aufgabe von vorgewärmtem Kautschuk einheitlicher Konsistenz abhängt, ist es erforderlich, die Beschickung der Vorwärmwalzen sowie die Beschickung des Kalanders von diesen aus gut vorzubereiten. Beispielsweise kann eine Kalandergruppe, die aus einem Vorbrecher und zwei Vorwärmern zu ihrer Beschickung besteht, so angeordnet werden, daß die Vorwärmwalzen abwechselnd vom Vorbrecher beschickt werden und jede Vorwärmwalze wieder abwechselnd dem Kalander Material zuführt. Dieses Verfahren arbeitet bei einiger Geschicklichkeit ausgezeichnet und hat sich dort bestens bewährt, wo die Art des am Kalander zur Verarbeitung kommenden Produktes öfters wechselt.

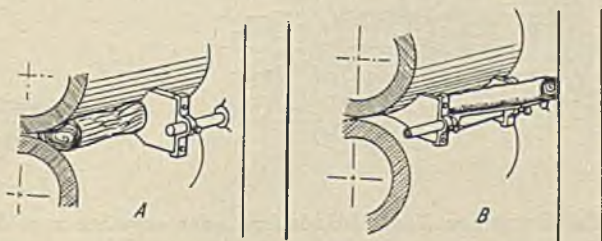


Abb. 108. Handbeschickung des Kalanders mit Kautschuk in Puppen

Wenn aber der Kalander dauernd die gleiche Leistung erbringen muß, empfiehlt es sich, einen Vorwärmer zur Aufarbeitung des Kautschuks und den anderen als Ausziehwalze zu verwenden. Die letztere ist mit Abschneidevorrichtungen zu versehen, die fortlaufend oder mit Unterbrechungen, je nach den Umständen, dem Kalander ein Band zuführen. Eine derartige Anordnung kann man noch dadurch weiter automatisieren, daß auch die erste Walze mit einem derartigen Schneideapparat versehen wird, der der zweiten Walze dauernd ein Kautschukband zuführt.

Im allgemeinen wird der Kautschuk von Hand aus in den oberen Walzenspalt der Maschine eingebracht. Die Wirkung der oberen und mittleren Walze, die mit sehr geringen Unterschieden in der Umfangsgeschwindigkeit laufen, beruht auf der Ausbildung eines Kautschukfilmes um die mittlere Walze, dessen Dicke schwankt, je nachdem, ob man eine Kautschukplatte aus einer oder mehreren Schichten herstellen will, oder ob man den Kautschuk in ein Gewebe einpressen oder das Gewebe damit überziehen will.



Welches Verfahren auch immer vorgesehen ist, der vorgewärmte Kautschuk wird in den oberen Walzenspalt eingebracht, und zwar direkt von der Vorwärmwalze, entweder als Puppen oder als Bänder. Die Puppen werden mit der Hand abgenommen, während die Bänder fortlaufend durch entsprechend angeordnete Messer geschnitten werden.

Bei Beschickung des Kalanders mit Puppen bedient man sich zweckmäßig bei breiten Kalandern der aus Abb. 108 A ersichtlichen Vorrichtung, bei schmalen Kalandern erfolgt sie gemäß Abb. 108 B stets unter Verwendung verstellbarer Führungsbacken, die das Beschickungsmaterial seitlich begrenzen. Die Backen müssen mit einer Spitze aus weichem Metall versehen sein, die eine Beschädigung der Kalandervalzen verhindert.

### Kontinuierliche Zuführung von Bändern oder Streifen

Diese Zuführung kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Aus Abb. 109 ist ein sehr verbreitetes Abschneideverfahren von der Vor-

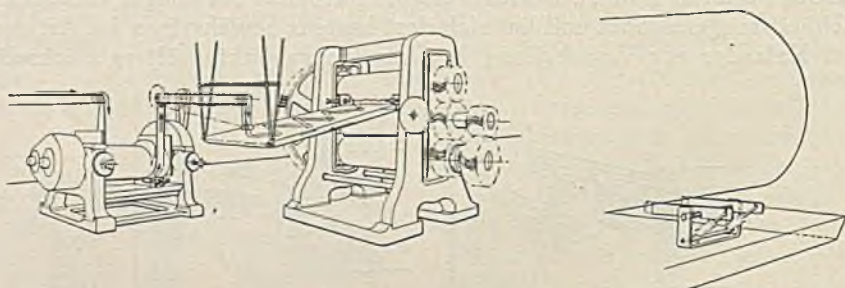


Abb. 109. Zuführung von Kautschukbändern oder -streifen zum Kaland

wärmwalze und bandförmige Zuführung zum Kalanderschematisch dargestellt.

Eine derartige Anordnung ist leicht so einstellbar, daß die aufgegebene Menge über die gesamte Breite des Kalanders gleichmäßig zugeführt wird. Die Kautschukbeschickung kann durch Veränderung der Breite und Dicke des von der Vorwärmwalze heruntergeschnittenen Streifens dem zu ziehenden Erzeugnis angepaßt werden. Es ist selbstverständlich, daß die Art des Zuführungsmechanismus mit dem Verhältnis der Oberflächengeschwindigkeiten von Vorwärmerwalze zu Kalandervalze sowie mit der Spaltweite des zu beschickenden Kalanders übereinstimmen muß.

### Abnahme vom Kalanders

Die richtige Bedienung eines Kalandersaggregates ist Grundbedingung für die Erhaltung der Leistung und deren Höhe. Aus Abb. 110 ist eine Vorrichtung ersichtlich, die die laufende Abnahme und Aufrollung der Kalandersplatte auf einen Mitläufer gestattet. Eine Rolle des drehbaren Doppelrades kann sofort durch die nächste ersetzt werden, da leichte Entnahme und Einfügung neuer leerer Rollen möglich ist. Selbstverständlich kann dieselbe Einrichtung auch zur Behandlung solcher Bahnen

Anwendung finden, bei denen eine Gummierung mit möglichst geringer Stillstandszeit des Kalenders erwünscht ist. Auch die in Abb. 111 sche-

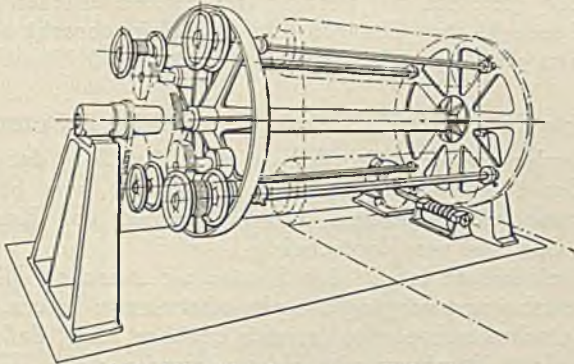


Abb. 110. Abnahme vom Kalender

matisch dargestellte Streifenschneide- und Beschickungseinrichtung gestattet hohe Leistungsfähigkeit. Sie ermöglicht gleichzeitige Lieferung einer Anzahl Streifen beliebiger Breite ohne Stilllegung des Kalenders.

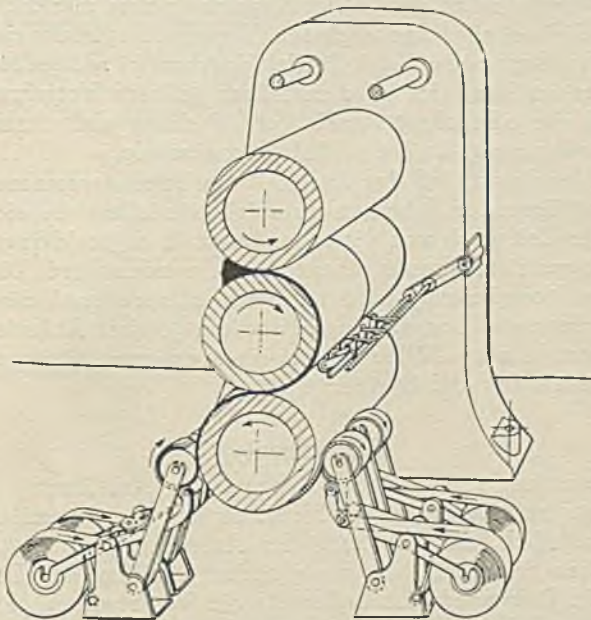


Abb. 111. Abnahme schmaler Kautschukstreifen vom Kalender

In diesem Falle wird durch die gezeigten Schneiderollen der gesamte Kautschukfilm in die gewünschten Breiten geschnitten, und die geschnittenen Streifen werden in Mitläufern auf beiden Seiten des Kalenders zu einzelnen Chargen aufgewickelt. Der Gewebemitläufer wird,



wie gezeigt, den einzelnen Rollen während des Aufwickelns zugeführt. Spannrollen ermöglichen die faltenlose Aufbringung des Mitläufers. Diese Methode gestattet mit Leichtigkeit kontinuierlichen Betrieb, da die verschiedenen kleinen Chargen sehr leicht eingebracht oder entfernt werden können, weil sie in fortlaufender Folge den Mitläufer füllen.

### Direkte Zufuhr des Kautschuks zur nächsten Arbeitsstufe

In vielen modernen Gummifabriken ist die Herstellung der Mischungen direkt mit den folgenden Operationen verbunden, wie beispielsweise Ausziehen von Kalandrplatten, Aufkalandrieren von Kautschuk auf Gewebe und Spritzen von Kautschuk.

Viele Gummifabriken lassen den Kautschuk zwischen Mischung und nächstem Verarbeitungsvorgang zwecks »Erholung« lagern. Die größte Zahl der Kautschuktechnologen ist sich darüber einig, daß dem Kautschuk eine solche Erholungszeit belassen werden sollte. Hingegen besteht nicht völlige Einigung darüber, ob diese Rastperiode nicht mit ebensolchem Erfolg nach der Kalandrierung oder nach dem Spritzen wie vor diesem eingeschaltet werden kann. Die Argumente, die die Verfechter der direkten Verarbeitung ins Treffen führen, sind jedoch sehr bedeutend. Wird nämlich gemischter Kautschuk ohne merklichen Verlust an Hitze und Plastizität der nächsten Verarbeitungsstufe zugeführt, so lassen sich an Kraftbedarf und Einrichtungskosten wesentliche Ersparnisse erzielen im Vergleich zu dem früher geübten Verfahren des Abkühlens und der »Erholung« nach der Mischung und darauffolgender erneuter Vorwärmung für die nächste Arbeitsstufe.

Es scheint erwiesen, daß das direkte Verarbeitungsverfahren, das von einer Anzahl führender Fabriken als zufriedenstellend bezeichnet wird, in absehbarer Zeit auch von vielen anderen, ja sogar kleinen Fabriken mit stark begrenztem Umsatz übernommen werden wird. Die Methode der direkten Verarbeitung wird natürlich entsprechend den verschiedenen Anforderungen der einzelnen Fabriken gewisse Abänderungen erfahren müssen. In allen Fällen fordert sie aber einen höheren Organisationsaufwand als das alte System.

### Vierwalzentyp

Die moderne in großem Ausmaß heute zur Ausführung gelangende Verarbeitung von Geweben mit Kautschuk hat die Gummifabriken, wo nur irgend möglich, zur Erhöhung der Ausnutzung ihrer Anlagen gezwungen. Dies erforderte ein eingehendes Studium der Betriebswirtschaftlichkeit. Dies wiederum bedeutete die Verarbeitung größerer Materiallängen, um den Verlustanteil bzw. Leerlauf bei An- und Auslauf der einzelnen Arbeitsprozesse zu verringern. Ein bekanntes Beispiel einer wirtschaftlichen Arbeitsmethode ist die vielfach in einigen der großen Reifenfabriken zur Durchführung gelangte Hintereinanderschaltung von Dreiwalzenkalandern.

Abb. 112 zeigt das Glätten, Ziehen und Ausstreichen in einem Arbeitsgang bei Bahnlängen von 500 m.

Es ist wohl bekannt, daß es nur wenige Fabriken gibt, deren Leistung die Errichtung derartiger Aggregate rechtfertigen würde, so daß man

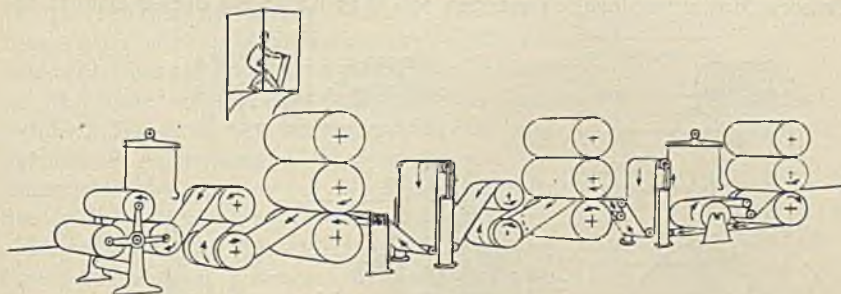


Abb. 112. Hintereinanderschaltung von Dreiwälzenkalandern

sich nach wirtschaftlicheren Methoden umgesehen hat, die ebenfalls zwei Vorrichtungen in einem Arbeitsgange ermöglichen.

Der Vierwalzenkalander (Abb. 113) ermöglicht die gleichzeitige Doppelbelegung eines Gewebes mit Kautschuk. Das Gewebe wird bei a eingeführt und tritt von b und c mit Kautschuk bedeckt aus dem Kalandern. Diese doppelte Bedeckung

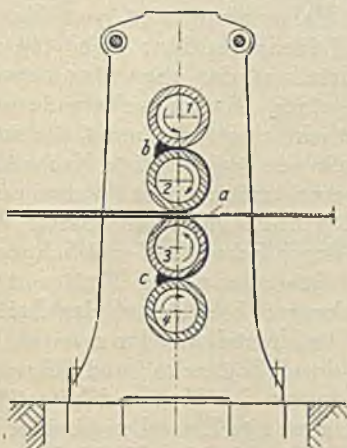


Abb. 113. Vierwalzenkalandern zum doppelseitigen Gummieren von Geweben

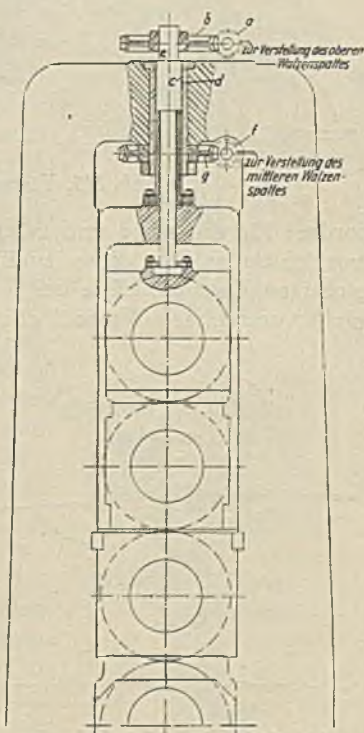


Abb. 114. Stellvorrichtung der beiden oberen Walzen eines Vierwalzenkalanders (Fried. Krupp-Grusonwerk A.-G., Magdeburg)

des Gewebes in einem Durchgang erspart die Hälfte der tatsächlichen Kalandrierungs- und Handhabungszeit im Vergleich zu einem Dreiwälzenkalandern, bei dem das Gewebe zweimal passieren müßte.



Eine Vierwalzenmaschine gleicher Geschwindigkeit benötigt natürlich die Zufuhr der doppelten Kautschukmengen pro Minute, weshalb eine wärmere Masse vorgesehen werden soll. Ein Kalandrier dieser Bauart er-

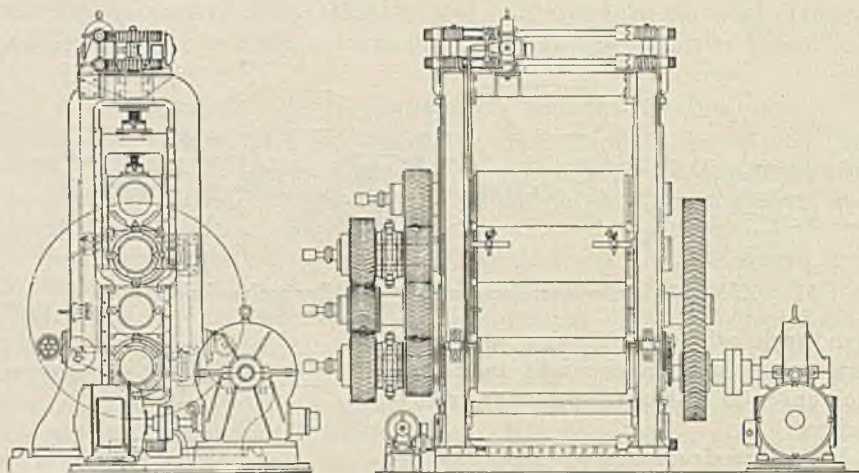


Abb. 115. Vierwalzenkalandrier nach Iddon

fordert für die erste und zweite Walze besondere Hebe- und Einstellvorrichtungen, da diese zueinander bewegt werden müssen, um den richtigen Kautschukfilm bei b zu erzielen, und beide müssen gegen die nicht verstellbare Walze 3 ebenfalls einstellbar sein.

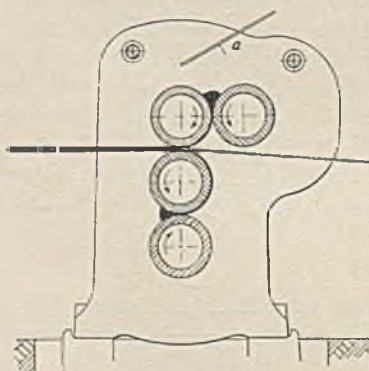


Abb. 116. Vierwalzenkalandrier des Breast-Walzentyps

Die Walzeinstellung von Krupp erfolgt folgendermaßen: Abb. 114 zeigt die Einstellung der oberen und zweiten Walze eines Vierwalzenkalandriers. Sie verdeutlicht eine Anordnung, die sowohl getrennte wie gleichzeitige Nachstellung der oberen und zweiten Walze ermöglicht. Die Einstellung der oberen Walze erfolgt durch Schnecke f und Schneckenrad b, Gewinde c und Mutter d. Das Schneckenrad b sitzt auf der Leitspindel e. Die Einstellung der zweiten Rolle erfolgt durch Schnecke f und Schneckenrad g, das an der Mutter d befestigt ist. Die gleichzeitige Einstellung beider Walzen erfolgt durch Verbindung der

Schnecken a und f mittels geeigneter Kupplungen. Sobald also die obere Walze in ihrer Lage zur Walze 2 richtig eingestellt ist, können beide Walzen gleichzeitig solange bewegt werden, bis die richtige Einstellung der Walze 2 zur Walze 3 erreicht ist.

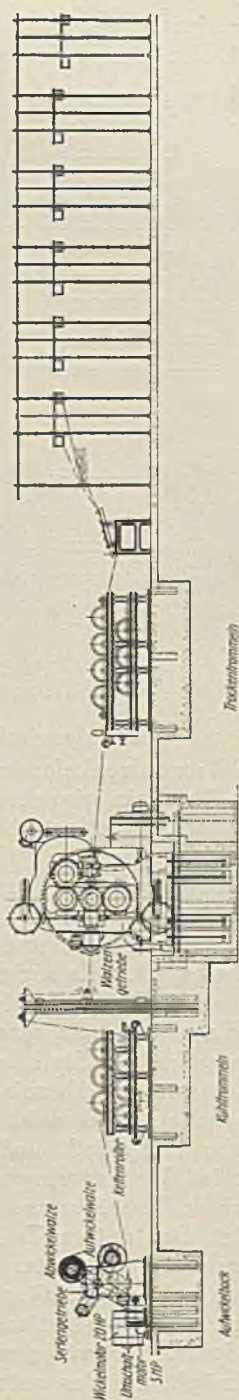
Aus Abb. 115 ist die für Vierwalzenkalandrier anwendbare Methode von Iddon zu ersehen. Die Konstruktion weist besondere elektrisch zu be-

tätigende Einstellgetriebe für die obere und zweite Walze auf, die die einzelne oder gleichzeitige Einstellung dieser Walzen gestatten. Eine rasch wirkende Sicherheitskupplung ermöglicht Übergang von Gleichlauf der Walzen auf Arbeiten mit verschiedenen Oberflächengeschwindigkeiten der Walzen. Außerdem sind besondere Anordnungen vorgesehen, die ein Nachstellen bei Abnutzung der Einstellschrauben und der Walzenlagerblöcke gestatten.

Eine bevorzugte Abart ist die Anwendung eines Vierwalzenkalanders, des sogenannten »Breast-Walzentyps (Abb. 116). Bei diesem ist die Einstellung der Walzen vereinfacht, wenn auch der obere Walzenspalt im allgemeinen mechanisch beschickt werden muß und ein Spiegel a für die Beobachtung des oberen Kautschukwulstes sich als erforderlich erweist. Eine moderne vollständige Kalandereinrichtung ist in Abb. 117 gezeigt. Diese zeigt einen Kalander von Shaw für die doppelte Bedeckung schußfreien Cordgewebes, das direkt von den Rechen bis zu der drehbaren Mehrwalzenaufwickelvorrichtung geführt wird. Als zusätzliche Vorrichtungen sind daraus ersichtlich: Trockner vor dem Kalander, Kühlvorrichtung nach der Kalandrierung in Verbindung mit einer Spannvorrichtung, um Unterschiede in der Geschwindigkeit auszugleichen. Aufnahmevorrichtung hinter dem Kühler. Diese Anordnungen sind im allgemeinen mit Spulenrechen im oberen Stockwerk versehen.

### Kruppscher Dreiwalzenkalander

Dieser in Abb. 118 wiedergegebene Kalander wird mittels Elektromotors betrieben, der ein elektrisches Bremsgetriebe und ein spiralverzahntes Reduziergetriebe aufweist. Motor, Reduziergetriebe und Antriebswelle sind auf einer Grundplatte befestigt. Der Kalander besitzt Einstellmöglichkeit für gleiche Oberflächengeschwindigkeit aller drei Walzen sowie für unterschiedliche Oberflächengeschwindigkeit der mittleren und der beiden anderen Walzen. Die entsprechenden Getriebe können durch Ausziehen der entsprechenden Keile eingeschaltet werden. Der Kalander ist



68\*28\* 4 Walzenkalander

Abb. 117. Kalandereinrichtung nach Shaw



so konstruiert, daß die Einstellung der Walzen und Getriebe von Hand erfolgt. Der Rahmen gestattet leichten Ausbau der Walzen.

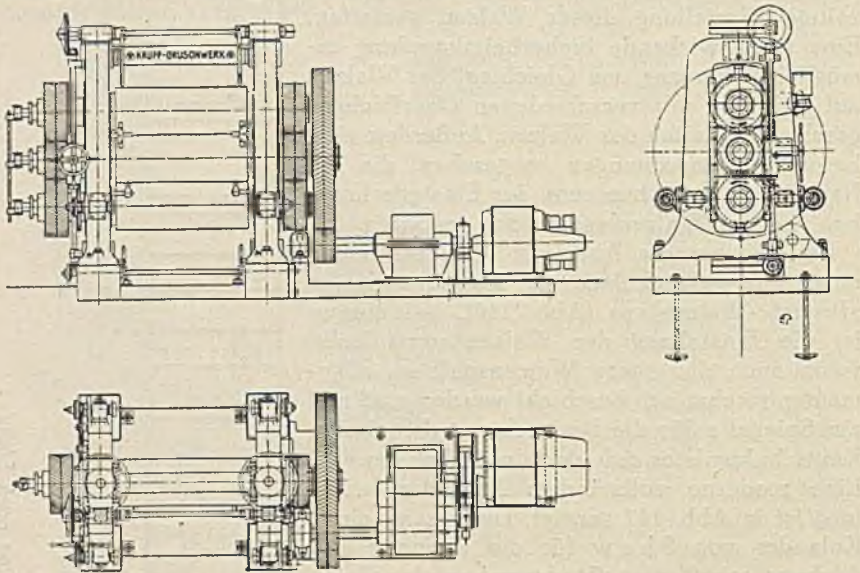


Abb. 118. Kalendar mit 3 Walzen  
(Fried. Krupp-Grusonwerk A.-G., Magdeburg-Buckau)

#### Vierwalzenkalendar von Robinson (Profilkalendar)

Ein Vierwalzenkalendar, der von einem regulierbaren 30-PS-Elektromotor über ein eingekapseltes Schneckenreduziergetriebe angetrieben wird, kann als Musterbeispiel für einen modernen Profilkalendar angesprochen werden.

**Konstruktion.** Die Konstruktion von Joseph Robinson & Co. Ltd., Manchester, sowie die Anordnung des Antriebs ist aus Abb. 119 zu ersehen. Die Details sind folgende:

**Rahmen.** Der Kalendar weist zwei sehr schwere gußeiserne Seitenrahmen auf, die die vertikalen Gleitbahnen der drei übereinandergelagerten Walzen und die waagerechte Gleitbahn für die vierte oder Profilwalze enthalten. Die letztere ist auf derselben Horizontalmittellinie wie die unterste der übereinanderliegenden Walzen angeordnet. Das obere Ende jedes Rahmens ist zu einem Kasten ausgebildet, der das Einstellgetriebe umschließt und mit einem starken gußeisernen Deckel versehen ist. Die Lagerbuchsen für die oberen Einstellschrauben sind nach Art eines Bajonettverschlusses eingesetzt, so daß leichter Ausbau möglich ist. Der untere Teil jedes Rahmens ist bearbeitet, um die Lagerbuchsen für die unteren Einstellschrauben aufzunehmen, die durch Deckel in Lage gehalten werden. Auch diese Lagerbuchsen lassen sich seitlich leicht ausmontieren. Die Rahmen sind auf tiefliegender gußeiserner Grundplatte fest verschraubt. Die Grundplatte ist zwischen den Rahmen abgekröpft, um das untere Einstellgetriebe aufnehmen zu können. Die

Gleitbahnen für die Lagerblöcke der drei senkrecht übereinanderliegenden Walzen tragen Stahlschienen. Die Walzen können durch den Rahmen ausgebaut werden. Die horizontalen Schlitten für die Profilierungswalze sind mit losen Deckeln versehen, die durch Stahlbolzen in Lage gehalten werden.

**Lagerblöcke.** Die Lagerblöcke für die obere, die mittlere und die untere Walze sind mit Phosphorbronzesegumenten versehen, um sich den Walzenhälsen anzupassen. Die mittleren Blöcke sind zwecks Einstell-

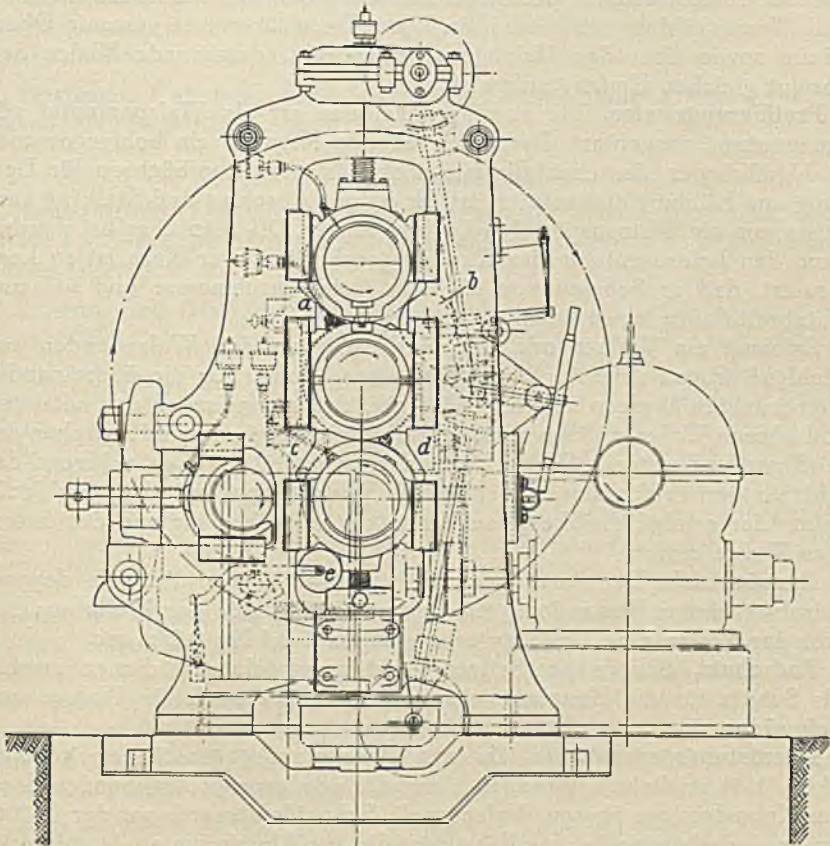


Abb. 119. Profilkalander nach J. Robinson & Co.

möglichkeit zweiteilig und werden durch Stahlfutter in ihrer Lage gehalten, wohingegen die unteren Blöcke zur Aufnahme der stählernen Stellschrauben eingerichtet sind.

**Walzeneinstellung.** Die Einstellung der oberen und unteren vertikalen Walzen erfolgt mittels eines Handrades, das an der Vorderseite des Kalanders angebracht ist, und den aus Getriebe und Kegelrädern bestehenden Einstellmechanismus betätigt. Die oberen und unteren starken Einstellschrauben aus Stahl tragen gefrästes Flachgewinde. Die o-



ren Schrauben sind so an den Blöcken befestigt, daß toter Gang ausgeschaltet werden kann und sind sämtlich durch gehärtete Stahlplatten entlastet.

**Einstellung der Profilierungswalze.** Die Einstellung der Profilierungswalze erfolgt mittels schwerer Stahlschrauben, die durch Schraubenradantrieb betätigt werden.

**Walzen.** Die drei vertikalen Walzen sind hohle Gußstahlkörper, weisen 407 mm Durchmesser und 600 mm Gesamtbreite auf und sind mit patentierten Kempsterschen packungslosen Stopfbuchsen für Dampfheizung und Wasserkühlung versehen. Die Walzen sind über ihre gesamte Oberfläche sowie über den Hals genau abgedreht, damit jede Walze den absolut gleichen Umfang aufweist.

**Profilierungswalze.** Die Profilierungswalze ist als Walzenmantel mit Innennutung ausgeführt. Der durchgehende Kern ist ein hohlgegossener Stahlgußkörper, der ebenfalls mit packungslosen Stopfbuchsen für Heizung und Kühlung ausgestattet ist. Er ist mit Anschlag und Stelling versehen, um die Walzenmäntel in Lage zu halten. Die Mäntel selbst werden nach den Erfordernissen des Kunden geschnitten. Der Kern ist so konstruiert, daß er Schalen von 407 mm Außendurchmesser und 610 mm Nutzbreite aufnehmen kann.

**Zahnrad am Walzenende.** Die Zahnräder an den Walzenenden aus Stahlguß tragen gefräste Doppelspiralverzahnung. Für die übereinander angeordneten Walzen sind sie so geteilt, daß sie zwischen der mittleren und oberen Walze ein Übersetzungsverhältnis von 1 : 1,3 und zwischen der mittleren und unteren Walze ein solches von 1 : 1 ergeben, während der Antrieb der Profilwalze, der ebenfalls durch doppelspiralige Stahlgußzahnäder erfolgt, gleiche Geschwindigkeit zwischen ihr und der untersten Walze ergibt.

**Hauptantrieb.** Der Antrieb der Mittelwalze erfolgt über ein doppelspiralverzahntes Reduktionsgetriebe von einem Ende der Welle aus und gibt der Walze eine Umfangsgeschwindigkeit 0,1 bis 0,2 m/sec.

**Radschutz.** Sauber gearbeitete Blechummantelungen dienen sowohl als Schutz für die Hauptantriebsvorrichtung, als auch für Walzen und Zahnräder.

**Ausrüstungsgegenstände.** Zu den Ausrüstungsgegenständen gehören (Abb. 119) seitliche Führungen a auf der vorderen profilgebenden Seite des Kalanders am oberen Walzenspalt, Schneidmesser b auf der Mittelwalze sind ebenso wie eine Führungsrolle aus Aluminium an der hinteren Seite des Kalanders vorgesehen. Einstellbare Seitenführungen c sind an der vorderen Seite am Walzenspalt zwischen der unteren und der Profilierungswalze sowie auf der Rückseite des Kalanders am unteren Walzenspalt d angebracht. Eine zweite vertikal verstellbare Aluminiumführungswalze ist auf der Rückseite des Kalanders vorgesehen. Unterhalb der untersten Walze ist ein zweiter Satz von Schneidmessern e vorgesehen, die von einem Querbalken getragen und durch Gummifedern in Lage gehalten werden.

**Schmierung.** Die Schmierung der Hauptwalzenlager erfolgt aus am Rahmen angebrachten Tropföhlern durch biegsame Rohre.

**Reduziergetriebekasten.** Zur Kraftübertragung und zum Ausgleich der Drehzahl des antreibenden Elektromotors wird ein Schneckenreduziergetriebe verwendet, das Drehzahlverminderung im Verhältnis 960:78 gestattet. Es besteht aus einem Schneckenrad mit Phosphorbronzekranz, das auf einen gußeisernen Kern aufgepaßt ist. Dieser ist auf einer in Bronzelagern laufenden Stahlwelle montiert und wird durch eine schmiedeeiserne gehärtete Stahlschnecke angetrieben, die in druckentlasteten Kugel- oder Walzenlagern läuft. Die Getrieberäder sind von einem gußeisernen Gehäuse umgeben, dessen untere Hälfte als Ölbad mit Ölstandsanzeiger und Abflußöffnung ausgebildet ist. Getriebekasten und Elektromotor sind auf gemeinsamer Grundplatte montiert.

**Elastische Kupplung.** Eine elastische Bolzenkupplung verbindet die raschlaufende Welle mit dem Motor.

### Vierwalzenkalander

**Konstruktion.** Die Konstruktion des von der Firma Joseph Robinson & Co. in Manchester hergestellten Kalanders ist aus Abb. 120 zu entnehmen.

**Rahmen und Grundplatte.** Diese bestehen aus schweren gußeisernen Formstücken, die in den Gleitbahnen für die Walzenlager maschinell bearbeitet sind. Die Rahmen sind an ihren Füßen ebenfalls bearbeitet, um eine gute Verbindung mit der gerippten, genau bearbeiteten Grundplatte zu gewährleisten. Die Rahmen sind an ihren oberen Enden gut miteinander verstrebt. Die Gleitbahnen für die Lager sind mit stählernen Gleitschienen und Aussparungen versehen, um die Walzen leicht ausbauen zu können. Der obere Teil eines jeden Rahmens umschließt das Einstellgetriebe der oberen Walzen und ist mit einem gußeisernen Abschlußdeckel versehen.

**Lagerblöcke.** Die Hartgußlagerblöcke für die Walzen sind in die Gleitbahnen eingepaßt und mit Anschlägen aus harter Bronzelegierung ausgestattet. Die beiden äußeren Lager sind mit den Vertikaleinstellungsschrauben verbunden. Die Lager für die zweite Walze von unten (Antriebswalze) sind zwecks Einstellbarkeit aufgeschnitten und werden durch Stahlfutter in ihrer Lage gehalten. Die obere Walze ist mit doppelter Keilnachstellung eingerichtet.

**Walzeneinstellung.** Die zweite Walze von unten ist unverstellbar eingebaut. Die untere und obere Walze sind mittels flachgängiger Stahlschrauben senkrecht einstellbar, die durch Schneckengetriebe von den oberen und unteren Querwellen aus betätigt werden, die ihrerseits wieder mittels eines handlich angebrachten Handrades über ein Zahnradgetriebe und vertikale Wellen bedient werden. Die Lagerblöcke der dritten Walze haben Keilnachstellung, deren Betätigung von einem Handrad aus über entsprechende Triebwerke erfolgt.

**Walzen.** Die hohlgegossenen Gußstahlwalzen weisen 610 mm Durchmesser, 1850 mm Gesamtlänge und 125 mm Wandstärke auf. Sie sind mit Stopfbuchsen versehen, so daß Dampfheizung und Wasserkühlung



möglich ist. Die Walzen sind allseitig bearbeitet und auf dem Ballen und den Zapfen geschliffen.

**Zahnräder.** Die zweite Walze von unten ist die Triebwalze und mit der dritten Walze durch doppelspiraligverzahnte Stahlgußräder gekuppelt. Diese Zahnräder befinden sich auf derselben Seite wie das Hauptantriebsrad. Auf der anderen Seite des Kalenders sind die un-

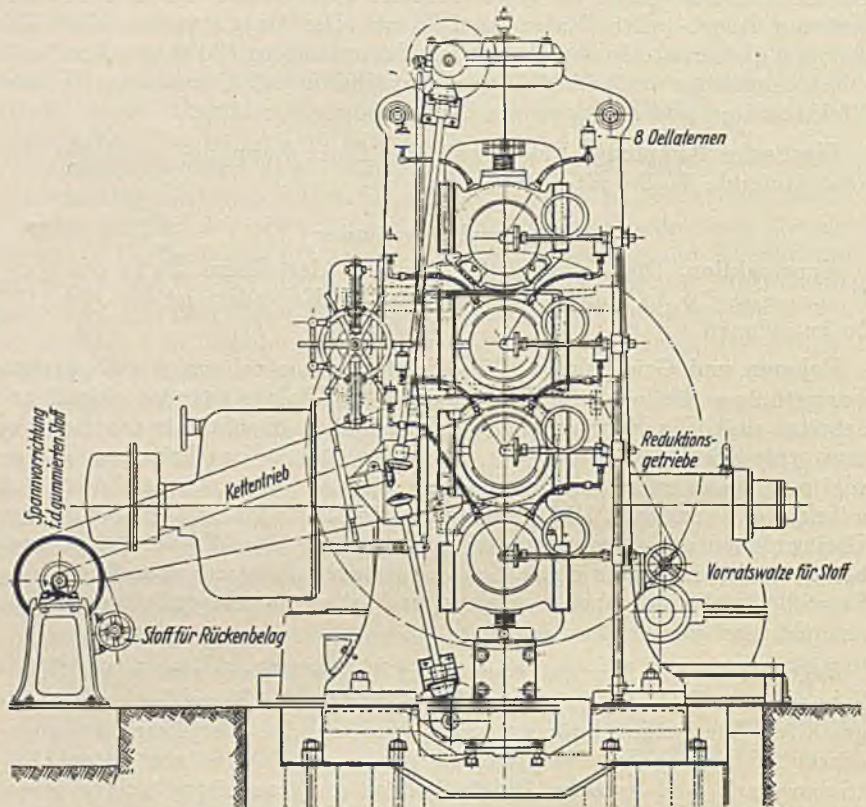


Abb. 120. Vierwalzen-Kalender (J. Robinson & Co., Manchester)

terste und die Antriebswalze durch einen Satz Zahnräder miteinander gekuppelt. Das gleiche gilt für die dritte und die obere Walze. Dabei trifft stets ein Stahlgußrad auf ein angetriebenes Rad aus weicherem Material. Die gefräste Doppelspiralverzahnung weist das Übersetzungsverhältnis 1 : 1,2 auf, doch kann es den Erfordernissen entsprechend abgeändert werden. Die obere und untere Walze sind auf der Seite des Antriebs verlängert, so daß auf ihnen jederzeit durch Einbau entsprechender Zahnräder gleiche Umfangsgeschwindigkeit wie die der Antriebswalze erreicht werden kann.

**Hauptantrieb.** Die zweite Walze von unten wird über ein Schneckenreduziergetriebe mit 6,3 Umdr./Min. angetrieben.

**Einstellbare Führungen.** Am oberen und unteren Walzenspalt sind an der Vorderseite des Kalanders Zuführungsvorrichtungen angebracht, die

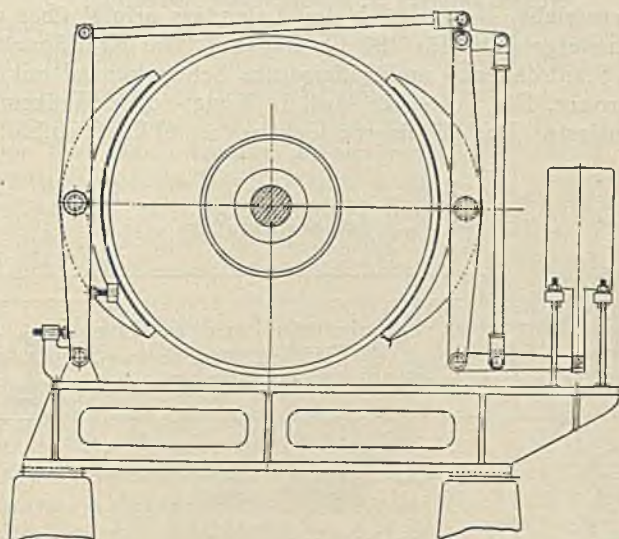


Abb. 121. Bremsvorrichtung (J. Robinson & Co., Manchester)

aus gußeisernen, mit Hartholz gefütterten Klammern bestehen und mittels Führungsschienen eingestellt werden können.

**Chargiergetriebe.** Die für die Beschickung vorgesehene Antriebseinrichtung wird mittels Kettenantriebes von der unteren Kalendarwalze

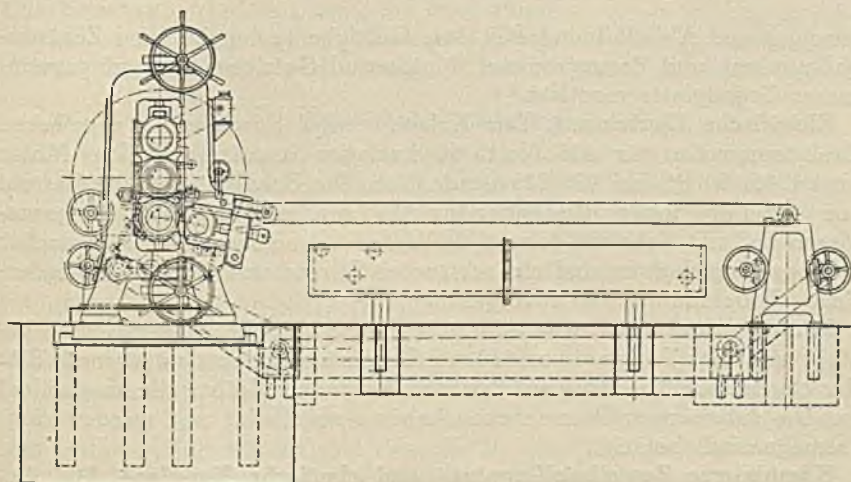


Abb. 122. Vierwalzenkalander nach Berstorff



her angetrieben unter Zwischenschaltung von Reibungskupplung und Kettenspanner. Die Chargierwalzen sind beweglich und schwenkbar angeordnet.

**Schmierung.** Auch hier erfolgt die Schmierung der Walzenlager aus am Rahmen angebrachten Tropfölnern durch biegsame festverlegte Rohre.

**Reduziergetriebe.** Der Antrieb des Kalenders erfolgt über ein gekapseltes Reduziergetriebe für 180 PS Leistung. Die Kraftübertragung erfolgt über Stahlschnecke und gußeisernes Schneckenrad mit Kranz aus Phosphorbronze. Die Schnecke läuft in Kugel- oder Walzenlagern und ist druckentlastet. Das gußeiserne Gehäuse ist öldicht, enthält Ölstands-

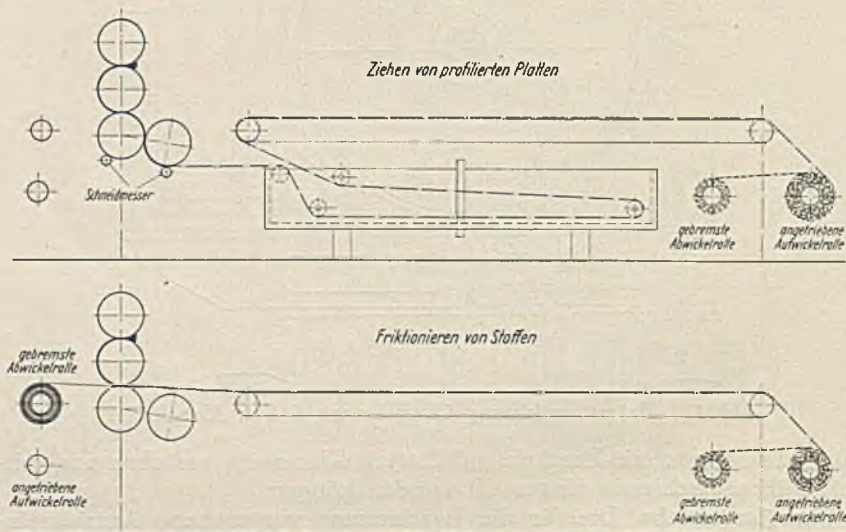


Abb. 123. Arbeitsweise eines Vierwalzen-Kalenders

anzeiger und Ablassöffnung. Mit dem Getriebe verbunden sind Zentrifugalkupplung und Bremstrommel. Motor und Getriebe sind auf gemeinsamer Grundplatte montiert.

**Elektrische Einrichtung.** Der Kalender wird durch einen regelbaren Drehstrommotor für 415 Volt, 50 Perioden angetrieben. Der Motor leistet 150/50 PS bei 475/225 Umdr./Min. Die Schalteinrichtung besteht aus einem dreipoligen Ölschalter für 300 Amp, mit drei Überlastungsauslösern und mit Zeitverzögerung, Nullspannungsauslöser und elektrischer Verriegelung. Ferner sind ein geeigneter Strommesser und die erforderlichen Druckknopfschalter vorgesehen.

**Bremsvorrichtung.** Die in Abb. 121 dargestellte Bremsvorrichtung besteht aus einer Trommel von 610 mm Durchmesser, die als die eine Hälfte der elastischen Kupplung auf der raschlaufenden Motorwelle ausgebildet ist. Die gußeisernen Bremsbacken haben Asbestbelag und werden elektromagnetisch betätigt.

**Kombinierte Zentrifugalkupplung und elastische Kupplung.** Die Anwendung kombinierter Zentrifugalkupplungen und elastischer Kupplun-

gen bieten entschiedene Vorteile. Die Kupplung tritt erst in Aktion, wenn der Motor eine bestimmte Drehzahl erreicht hat, so daß der Motor ohne Belastung anlaufen kann. Andererseits schaltet die Kupplung bei Drehzahlverminderung aus und schützt so vor Störung bei plötzlicher Bremsung.

#### Vierwalzen-Gummier- und Profilkalander

In Abb. 122 ist ein Kalander der Firma *Bersdorff* dargestellt, der insbesondere für Fabriken gedacht ist, die einen Profilkalander nicht hinreichend ausnützen und deshalb denselben Kalander zu gewissen Zeiten auch für das Frikationieren von Geweben oder zum Ziehen von Platten verwenden wollen. Der Kalander weist Walzen von 300 mm Durchmesser und 800 mm Länge auf. Sein Antrieb erfolgt durch 35-PS-Motor, der mit magnetischer Bremsvorrichtung versehen ist.

Abb. 123 veranschaulicht in schematischer Darstellung eine Vorrichtung, die das profilierte Material durch ein Wasserkühlbecken oder über Walzen zwecks Luftkühlung führt und aufwickelt. Der Antrieb des Kühlbandes und der Aufwickelwalze erfolgt mittels Kette von der unteren Kalandervalze. Die Schmierung der Walzenlager erfolgt bei modernen Anlagen durch eine besondere Ölpumpe. Eine derartige Zentralschmierung zeigt Abb. 124 an einem Kruppkalander. Die Anordnung gestattet ferner die Zuführung des Schmiermittels unter Druck an alle Lager, auch bei völligem Stillstand des Kalanders, wenn die Ölpumpe durch eine Handkurbel betätigt wird, die über einen Freilauf unabhängig von der Kettenantriebsvorrichtung jederzeit gedreht werden kann.

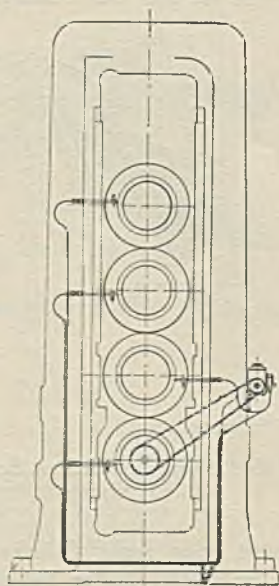


Abb. 124. Schmierung eines Krupp-Kalenders  
(Fried. Krupp-Grusonwerk)

### Spritzmaschinen

Die Spritzmaschine gilt als die wirtschaftlichste Einrichtung zur Herstellung von Gummiwaren aller Art. Wer diese Maschine zuerst angewandt hat, ist nicht festzustellen, doch dürfte sie einfach aus einer der Industrien oder Handwerke übernommen sein, in der sie bereits vorentwickelt war, wie beispielsweise in der Seifenherstellung, Wurstfabrikation und in Ziegeleibetrieben.

Im allgemeinen werden alle Spritzmaschinen mit Kautschuk in Form von Bändern oder Puppen beschickt und verwandeln ihn in Schläuche oder Bänder, die in beliebige Längen geschnitten werden können. Ein großer Teil der auf Spritzmaschinen geleisteten Arbeit ist auf keiner anderen Apparatur ausführbar. Es sind zwei Arten von Maschinen im Gebrauch.

**Die Kalandervalzenbauart.** Diese einst vielfach angewandte Konstruktion wird heute selten hergestellt wegen der verhältnismäßig hohen



Kosten und ihrer komplizierten Bauart. Diese Maschinen bestehen im Prinzip aus zwei Rahmen, in denen die Kalandervalzen gelagert sind. Diese sind zwecks Durchführung des Kautschuks ausgewölbt. An der Abnahmeseite der Maschine ist dann noch eine Düsenplatte vorgesetzt, durch die der Kautschuk austreten muß.

### Die Schneckenbauart der Spritzmaschine

Diese Konstruktion wird heute fast allgemein angewandt. Die Arbeitsweise ist aus der Schnittzeichnung (Abb. 125) zu entnehmen. Ein horizontaler Zylinder *a* mit dem Lagergehäuse *b* weist an seinem rückwärtigen Ende eine tangential zur Zylinderbohrung ausgesparte Einfüllöffnung *c* auf. In diese tangentiale Öffnung wird ein Kautschukband *d* eingeführt. Eine in starken Lagern drehbar angeordnete Schnecke *e* zieht den Kautschukstreifen in den Zylinder. Das Gewinde kann ein-, zwei- oder mehrgängig sein. Der Kautschukstreifen soll um die Zuführungsrolle *f* eingeführt werden, um Zug oder Dehnung des Kautschuks oberhalb der Einführöffnung *g* zu verhindern. Die Schnecke schneidet bei jeder Umdrehung je nach Gangzahl von dem zugeführten Kautschukband ein,

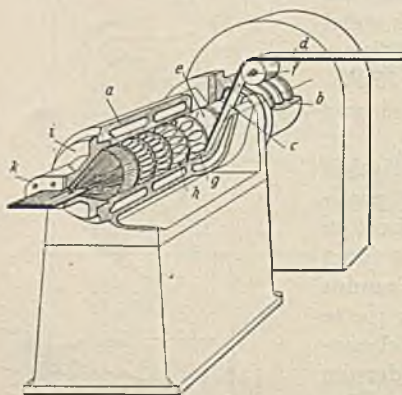


Abb. 125. Spritzmaschine, Schraubentypus

zwei oder mehr Stücke ab. Die abgeschnittenen Stücke nehmen die Formen eiförmiger Scheibchen an und werden dann zwischen Zylinder und Schraube entlanggerollt (*h*). Die Vorwärtsbewegung der abgeschnittenen Stücke pro Umdrehung ändert sich je nach Ganghöhe und Tiefe des Schneckengewindes. Die abgeschnittenen Stücke werden im Zylinder entlanggerollt, bis sie im Spritzkopf *i* zusammengepreßt werden. An dem Spritzkopf ist die Düsenscheibe *k* befestigt, die Düsenöffnungen jeder gewünschten Form und Größe aufnehmen kann. Für manche Produkte können eine oder mehrere Düsen am Spritzkopf angebracht werden. Da der Widerstand der Düse und des Düsenkopfes von der Zähigkeit des Materials und dem Verhältnis der Düsenöffnung zum Schneckendurchmesser abhängt, zeigt es sich, daß die von der Schnecke mitgenommenen abgeschnittenen Stücke in verschiedenen Entfernungen vom Schraubenende zusammengepreßt werden. Die Schnecke fördert nicht nur, sondern preßt auch gleichzeitig den Kautschuk durch die Düse hindurch. Der auf die Schnecke wirkende Rückdruck ist verhältnismäßig groß und erfordert daher Einbau eines kräftigen Drucklagers.

Es sind verschiedene Konstruktionen von Schneckengewinden, Druck- und Antriebslagern von den einzelnen Fabrikanten mit Erfolg angewandt worden.

Die Schnecke kann vorteilhaft so geschnitten werden, daß ihre Ganghöhe gegen das Ende zu abnimmt, um stärkeres Zusammenpressen des Materials zu ermöglichen. Die Länge des Zylinders zwischen Schneckenenden und Einfüllöffnung soll nicht zu klein bemessen werden, da sonst nur geringe Mengen steifen Materials durch die hohen Widerstand leistende Düse gedrückt werden kann. Die Schnecke soll nicht zu dickwandig sein, um wirkungsvolle Wasserkühlung zu ermöglichen. In Abb. 126 ist eine häufig verwendete Konstruktion dargestellt. Diese Kombination von Trag- und Drucklager hat sich gut bewährt und ist schon 15 Jahre und länger gelaufen, ohne daß sich eine Erneuerung als notwendig erwiesen hätte.

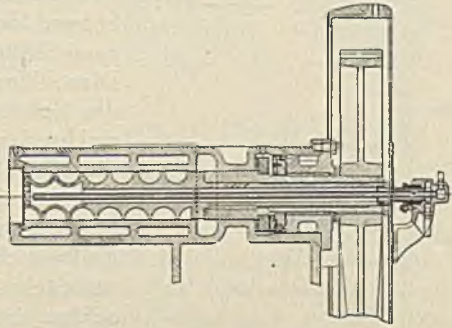


Abb. 126. Spritzmaschine

Das Drucklager kann auch als Kugellager ausgeführt sein.

In Abb. 127 ist eine derartige Konstruktion für eine kleine Maschine dargestellt.

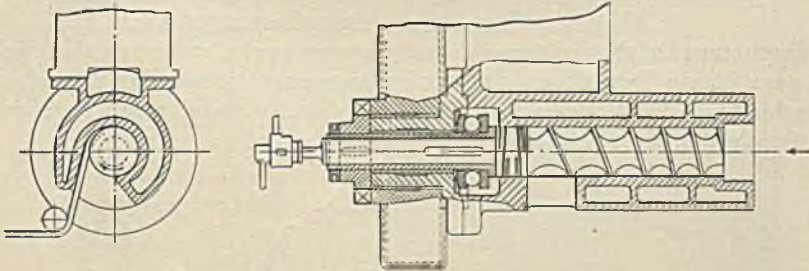


Abb. 127. Kleine Spritzmaschine mit Kugellager

**Ausbau der Schnecke.** Es ist öfters erforderlich, die Schnecke auszubauen, um sie von angesammelter Mischung, Schwefel usw. zu reinigen und zu polieren. Aus Abb. 126 ist ersichtlich, wie dies ohne Aufschauben irgendwelcher Verbindungsstellen möglich ist. Der Arbeiter drückt die Schnecke lediglich mit Hilfe eines in die Abschlußöffnung eingeführten Stabes nach hinten heraus.

**Vorrichtungen zur Temperaturregelung.** Die meisten Maschinen sind mit getrennten Kühlmänteln für Zylinder und Spritzkopf versehen. Die Regelung der Kühl- oder Heizwasserzufuhr zu den Mänteln wird selten angewandt. Abb. 128 zeigt schematisch ein solches Verfahren, das sich bewährt hat. Vorteile sind:

1. Einstellbare Kühlwassertemperatur.
2. Einstellbare Kühlwassermenge.
3. Kontrolle der Kühlwasserablauftemperatur.



Jeder Mantel wird mit einer gegebenen Wassermenge von gegebener Temperatur beschickt. Falls erwünscht, kann ein Absperrventil *a* eingebaut werden. Überwachung und Einstellung der Ablauftemperatur erfolgt am Thermometer *b* und Drosseldüse *c*.

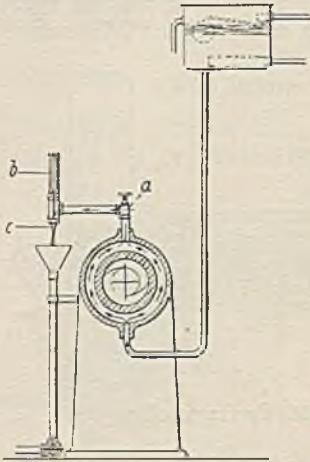


Abb. 128. Vörrichtung zur Temperaturregelung an Spritzmaschinen

#### Spritzmaschinen mit zwei Füllöffnungen.

Um den Durchsatz pro Aggregat zu erhöhen, werden mitunter Maschinen mit zwei Füllöffnungen angewandt (Abb. 129). Diese Maschinen werden an beiden Enden der Schnecke beschickt, so daß das Material in der Mitte zusammentrifft und durch dieselbe Düsenöffnung ausgestoßen wird. Sie ist mithin in hohem Maße von Axialdruck entlastet. Ferner erleichtert die große Schneckenoberfläche die Temperaturregelung bei großem Durchsatz. Die Maschine ist jedoch für Material, das zur Schichtenbildung neigt, nicht anwendbar, da daraus hergestelltes Spritzgut bei Gebrauch reißen würde. In Abb. 128 sind Strukturunterschiede für Spritzgut dargestellt, das aus einfachen und Doppelend-spritzmaschinen hervorgegangen ist.

**Maschinenantrieb.** Spritzmaschinen werden heute, sofern es sich nicht um ganz kleine Typen handelt, durch Motor angetrieben. Zur Erreichung verschiedener Drehzahlen muß entweder der Motor oder das Reduziergetriebe regelbar sein.

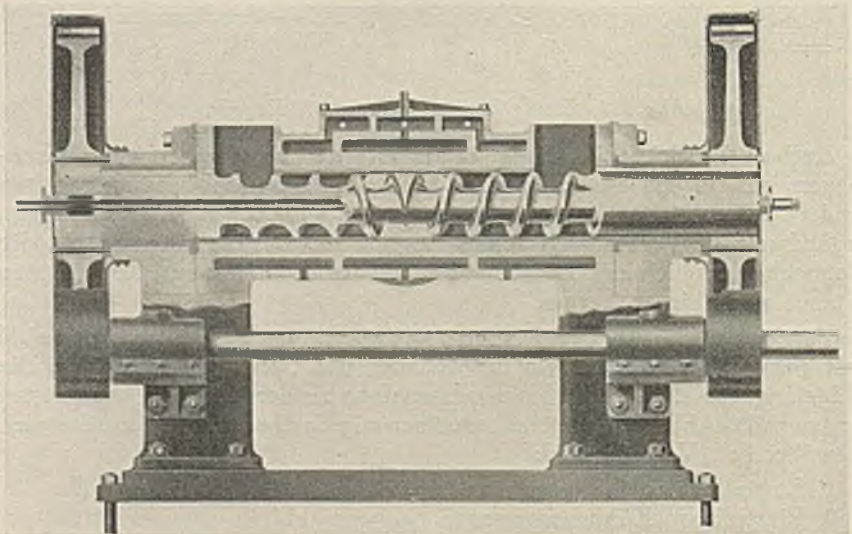


Abb. 129. Spritzmaschine mit zwei Füllöffnungen

Spritzmaschinen werden von einer Anzahl Fabrikanten in Größen von 25 bis 300 mm Durchmesser hergestellt. Erstklassige Maschinen werden in sämtlichen maßgeblichen, kautschukverarbeitenden Ländern hergestellt.

Als Beispiel einer modernen Konstruktion sei die in Abb. 131 dargestellte Schlauchmaschine von Berstorff angeführt, die mit einem Dreiganggetriebe und einer Schnecke von 150 mm Durchmesser ausgerüstet ist. Der Motor treibt über eine elastische Kupplung a und einen spiralverzahnten Ritzeltrieb b die Vorgelegewelle c an. Die darauf angeordneten Zahnräder d, e oder f können mittels Ziehkeiles g wahlweise mit der Welle c gekuppelt werden und treiben dann über die Zahnräder h, i oder k die Schnecke mit der gewünschten Drehzahl an. Die Betätigung des Ziehkeiles g erfolgt durch

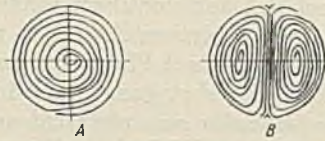


Abb. 130. Struktur des Spritzgutes

A aus normaler,  
B aus Spritzmaschine mit 2 Füllöffnungen

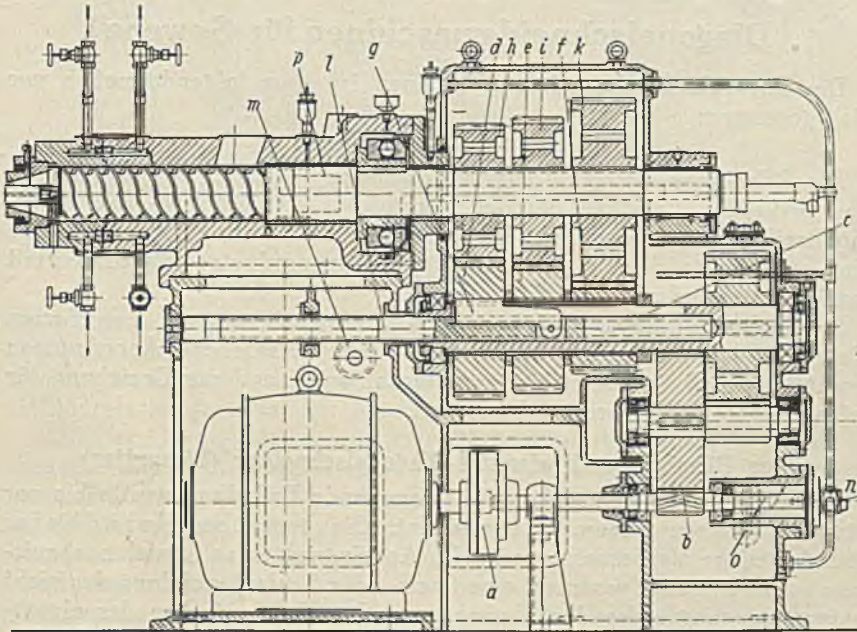


Abb. 131. Schlauchmaschine, 150-mm-Schnecken mit Schaltgetriebe  
Spindel I über einen Schraubenradantrieb m, der von außen durch ein Handrad bedient wird.

Die verschiedenen Getriebewellen laufen in Walzenlagern; lediglich die Schneckenwelle läuft in Gleitlagern mit Phosphorbronzeschalen, um alle radialen Belastungen aufzunehmen. Ein Kugeldrucklager dient zur Aufnahme des axialen Schneckendruckes.



Die Schmierung aller Triebwerksteile ist als Umlaufschmierung ausgebildet und erfolgt durch Öldruckpumpe n, die direkt von der Motorwelle aus betrieben wird. Der Ölstand ist aus einem seitlich angebrachten Standglas o ersichtlich. Der Motor ist im Unterteil der Maschine gut geschützt und ventiliert untergebracht. Die Schnecke ist ausbaubar und in einem zwischen Antriebs- und Gewindeteil angeordneten zusätzlichen Gleitlager p mit Phosphorbronzeschalen gelagert.

Die Unterbringung von Motor und Reduziergetriebe ermöglicht den Bau eines in sich abgeschlossenen und raumsparenden Aggregates, das der Maschinenfabrikant komplett liefern kann.

Jede Drehzahländerung ist nur bei Stillstand der Maschine möglich. Schlauchmaschinen brauchen in ihrer Drehzahl nicht mehr geändert zu werden, wenn einmal die für die jeweils verarbeitete Mischung und die jeweils angewandte Düse geeignete Geschwindigkeit ermittelt worden ist. Anordnungen, die eine Drehzahländerung während des Betriebes der Maschine zulassen würden, sind keinesfalls erforderlich.

## Diagonalschneidemaschinen für Gewebe

Die Entwicklung derartiger Maschinen ist etwa folgendermaßen vor sich gegangen:

### Die Friedheimmaschinen

Diese deutsche Erfindung kam ungefähr vor 23 Jahren in europäischen und britischen Fabriken bei der Herstellung von Fahrrad- und Automobilreifen zur Anwendung. Insbesondere für Fahrradreifenfabrikation sind auch heute noch viele dieser liegend angeordneten Maschinen mit zufriedenstellendem Ergebnis in Betrieb.

Sie ließen wirksame Vorrichtungen zum Abziehen von gummierten Geweben vom Mitläufer vermissen. Wo aber zusätzliche Anordnungen vorhanden sind, haben sich diese Maschinen in anderer Beziehung für leichte Gewebe hervorragend bewährt.

### Der Birmingham-Horizontal-Diagonalschneider (Biascutter)

Diese ursprünglich aus Amerika stammende Erfindung wurde bis vor etwa 12 Jahren allgemein verwendet. Die gegenüber Friedheim grundsätzliche Verbesserung war die Anbringung eines Abziehmechanismus vom Mitläufer, wodurch eine Sack- oder Schlaufenbildung des nicht unter Spannung stehenden abgezogenen Gewebes zwischen der eigentlichen Maschine und dem Abziehmechanismus vermieden wurde. Die Maschine hatte viele Vorzüge, war aber in der Anschaffung sehr teuer. Die Hauptschwierigkeit der Maschine war wohl die Erhaltung einer guten Messerschneide, die breiten und schweren Geweben angepaßt war.

### Der Spadone-Diagonalschneider

In den letzten 14 oder 15 Jahren ist zweifellos die amerikanische Spadonemaschine für das Schrägschneiden von Geweben, insbesondere in der Automobilreifenindustrie am meisten verbreitet gewesen. Die An-

ordnung dieser Maschine geht aus den drei Darstellungen der Abb. 132 hervor. Die Hauptteile sind:

- A. Abstreifmechanismus,
- B. Lose Zuführschlaufe,
- C. Führungswalzenantrieb,
- D. Speisewalze,
- E. Schneiderahmen,
- F. Messerregulierung und Zuführungsantrieb.

**Abstreifvorrichtung.** Da Diagonalschneider im allgemeinen dazu dienen, verschiedene Arbeiter mit Material zu versehen, um die geschnittenen Streifen in große Längen zu vereinigen, hat man den Abstreifmechanismus, der mit neuen Ballen von Zeit zu Zeit beschickt werden muß, so

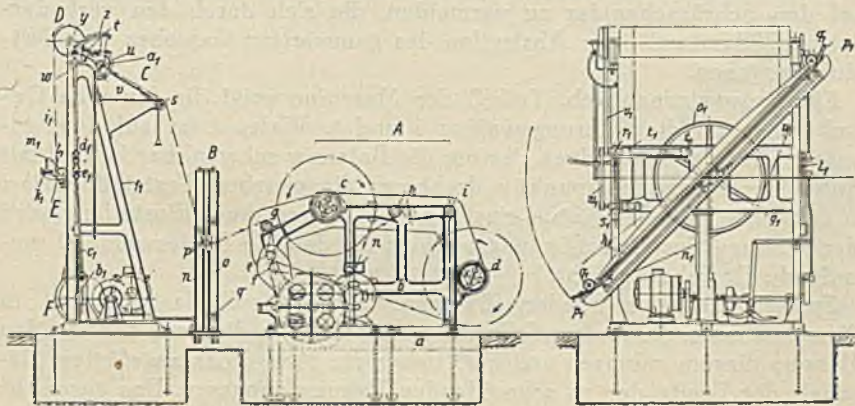


Abb. 132. Spadone-Diagonalschneider

konstruiert, daß er Doppelrollen des Materials, das zum Beschneiden gelangt, aufnehmen kann und außerdem mit doppelten Aufwickelvorrichtungen für die Aufnahme des vom gummierten Gewebe abgestreiften Mitläufers ausgestattet ist.

Auf der Grundplatte *a* sind zwei Rahmenplatten *b* montiert, die die Lager *c* und *d* für die Materialrollen tragen, die mit einstellbaren Ablaufbremsen ausgestattet sind. Das Abrollen des Materials von den Rollen erfolgt mittels zweier angetriebener Rollen *e* und *f*, um die das Material herum- und der losen Walze *g* zugeführt wird. Der Mitläufer wird vom Gewebe durch die Walzen *h* und *i* abgezogen, die mittels Friktionskupplungen betrieben werden. Die Kupplungen sind durch Handräder *l* und *m* einstellbar. Das von der vorderen Rolle abgestreifte Material wird um die Führungswalze *n* geführt. Diese Anordnung ermöglicht einwandfreies Arbeiten der Abstreifwalze *h*, was besonders bei Abnahme des klebrigen Materials vom Mitläufer erforderlich ist. Das Material der rückwärtigen Rolle wird auf ähnliche Weise abgenommen und den Abstreifrollen *e* und *f* zugeführt. Der Antrieb der Abstreifvorrichtung erfolgt meistens von einem Motor aus mit Hilfe eines veränderlichen Geschwindigkeitsgetriebes. In der Darstellung ist ein an der



Grundplatte befestigter Kegelscheibentrieb gezeigt. Die Regelung des Motors erfolgt automatisch und mit der Stellung des Kompensators korrespondierend.

**Wirkungsweise des Kompensators.** Das abgestreifte Material wandert um die frei bewegliche Rolle  $g$  und wird der in senkrechten Führungen ( $n$  und  $o$ ) laufenden Rolle  $p$  zugeführt. Wenn der Abstreifmechanismus mehr Gewebe abgibt als die Schneidemaschine aufnimmt, so sinkt die Führungsrolle  $p$  ab, bis sie den unteren Ausschalter  $q$  betätigt und damit den Motor ausschaltet. Wenn nun der Schrägschneider Gewebe vom Kompensator abnimmt, steigt die Rolle  $p$  und betätigt schließlich den oberen Einschalter  $r$  für den Motor, der dann wieder anläuft.

Der Zweck des Kompensators ist der, die Übertragung von Spannungen auf den Schrägschneider zu vermeiden, die sich durch den veränderlichen Widerstand beim Abstreifen des gummierten Gewebes vom Mitläufer ergeben.

**Führungswalzenantrieb.** Teil C der Maschine zeigt die laufende Gewebebahn um die Führungswalzen  $s$  und  $t$ . Walze  $t$  ist auf dem gebogenen Arm  $u$  angeordnet, der um die Bolzen  $v$  schwenkbar ist und mit Hilfe eines um den Drehpunkt  $w$  drehbaren eingekerbten Feststellhebels  $x$  in drei verschiedenen Lagen einstellbar ist. Durch diese Einstellung wird Veränderung des Umschlingungswinkels für das die Speisewalze  $D$  umlaufende Gewebe erreicht.

**Speisewalze.** Der Spadone-Diagonalschneider soll das Fabrikat in Übereinstimmung mit den Schnittbewegungen des diagonal arbeitenden Messers diesem zuführen und muß daher die Menge des zugefügten Materials der Breite der zu schneidenden Bahnen anpassen. Das geschieht folgendermaßen:

Die aus Metall bestehende Speisewalze  $D$  weist eine raue Oberfläche auf, um das über sie laufende Material gut fassen zu können. Die Walze  $D$  ist mit einem Schaltrad  $y$  verbunden, dessen Sperrverzahnung mit der auf dem Sektor  $z$  angeordneten in Eingriff steht. Die Drehung der Speisewalze erfolgt dann selbstverständlich nur nach einer Richtung durch Schwenken des Sektors um den Drehpunkt  $a_1$ . Diese Schwenkbewegung wird von der Kurbel  $b_1$  her über Schubstangen  $c_1$  und  $d_1$  und Kreuzkopf  $e_1$  bewirkt. Der Hub der Schaltkurbel  $b_1$  kann verstellt und damit der Schaltschritt der Walze  $D$  eingestellt werden.

**Schneidrahmen.** Die beiden Rahmen  $f_1$  tragen den eigentlichen Diagonalschneider auf einer Querverstrebung  $g_1$ , an deren Mitte der Messerrahmen  $h_1$  befestigt ist. Gelangt das Material  $i_1$  schrittweise nach unten, so drückt nach jeder Vorwärtsbewegung eine Druckplatte  $k_1$  das Material gegen die Flächen  $l_1$ . Wenn das Material so festgehalten ist, wird ein kleines Messer, das sich in einem beweglichen Wägelchen befindet, über den Führungsrahmen durch den Spalt  $m_1$  geführt. Dieses Messerwägelchen läuft auf dem Rahmen  $h_1$  mit Hilfe des Stahlkabels  $n_1$ . Dieses umschlingt das Führungs- und Antriebsrad  $o_1$ , das selbst wieder durch ein Kurbelgetriebe in Drehschwingungen versetzt wird und somit das Kabel mit dem Messerwagen hin- und herbewegt. Das Kabel wird dann um ein Paar Führungsrollen ( $p_1, q_1$ ) auf jeder Seite des Führungs-

rahmens geführt. Das Messer schneidet nur in der einen Bewegungsrichtung und wird beim Rücklauf von dem zu schneidenden Material abgehoben, das dann gleichzeitig wieder um das erforderliche Stück vorgeschoben wird. Die in den Lagern  $r_1$  und  $s_1$  laufenden Festhalterollen  $p_1$  und  $q_1$  werden von der Führungswalze mittels Riemens  $v_1$  und  $w_1$  getrieben und erfassen und führen das vor der Maschine herunterhängende neu zugeführte Material. Die Maschine arbeitet hervorragend, sofern das Gewebe in verhältnismäßig einheitlichem Zustande vorliegt. Es ist Vorsorge dafür getroffen, daß die Festhaltevorrichtungen stets sauber gehalten werden, um ein Festfahren des Materials zwischen den Schnitten zu vermeiden. Dies sowie die gute Erhaltung des Schneidmessers erfordert besondere Erfahrung.

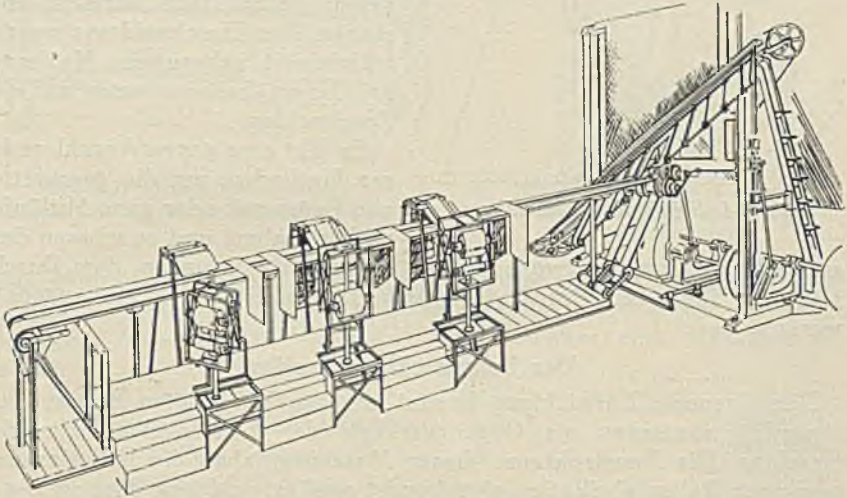


Abb. 133. Schrägstreifenabnahme (F. Shaw & Co., Manchester)

**Aufstapeln des Materials vom Diagonalschneider.** Nahezu jede Gummifabrik, die sich eines Spadone-Diagonalschneiders bedient, hat eine eigene Methode ausgearbeitet, damit die geschnittenen Streifen vom Arbeiter in Verwendung genommen werden können, ohne daß die Maschine zum Stillstand gebracht werden muß, oder daß die Arbeiter auf die Belieferung mit zugeschnittenen Gewebebahnen warten müssen. Die Wirtschaftlichkeit einer Diagonalschneidevorrichtung hängt weitgehend von der sachgemäßen Anordnung der Abnahmevorrichtung ab.

Abb. 133 zeigt ein Verfahren zur automatischen Abnahme und Weitergabe der geschnittenen Stücke auf zwei mit Zwischenraum zueinander montierte Transportbänder. Die aufgelegten Gewebestreifen werden von Arbeitern abgehoben und auf geeignete Mitläufer aufgewickelt. Jede dieser Aufwickelvorrichtungen wird von einem Arbeiter bedient, sie können in beliebiger Zahl und auf beiden Seiten der Transportbänder angebracht werden und sind drehbar, so daß jeder Arbeiter einen freien Mitläufer bereithalten kann.



Abb. 134 zeigt eine andere Möglichkeit, die von der Spadonemaschine kommenden Streifen abzunehmen, indem man die Lagen mit dem Messer nur anschneidet, ohne sie ganz durchzuschneiden und diese Lagen dann in großen Längen mit einem Mitläufer auf eine Walze wickelt. Diese Methode hat den großen Vorteil, die Genauigkeit des Schnittes zu verbessern, da oft festgestellt wurde, daß bei Benutzung der Spadonemaschine die langen freihängenden Enden des schräggeschnittenen Materials zwischen den einzelnen Schnitten seitwärts schwingen, so daß ungenau geschnittene Streifen entstehen. Das Einschneidesystem gewährleistet nahezu ein Maximum an Genauigkeit in bezug auf das Zuschneiden.

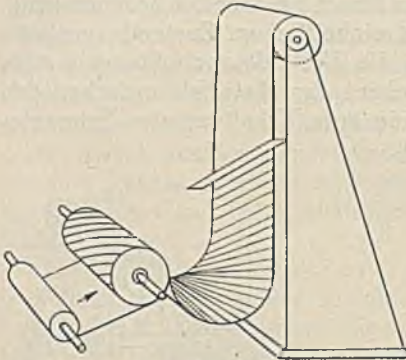


Abb. 134. Schrägstreifenabnahme

Es gibt eine ganze Anzahl anderer Methoden, um die geschnittenen Lagen mit oder ohne Mitläufer zu handhaben, und es müssen derartige Vorrichtungen jeweils den allgemeinen Bedingungen, dem Durchsatz, der Zahl und Breite der geschnittenen Streifen usw. angepaßt werden.

### Der Bannerschrägschneider

Diese neueste Entwicklung kommt aus den Vereinigten Staaten von Amerika, sozusagen als Gegengeschenk der horizontalen Schneidemaschine. Die Konstrukteure dieser Maschine haben die Erfordernisse moderner Reifenfabrikation eingehendst studiert und eine Maschine geliefert, die sich den »direkten« Methoden der Herstellung in besonderem Maße anpaßt. An Stelle dessen, daß große Längen von Gewebe völlig zerschnitten werden müssen und in der Form der zugeschnittenen Streifen in Mitläufern auf Lager genommen werden, gestattet die Banneranordnung kurze Länge von verschiedenen Geweberollen, nach den jeweils stündlichen Bedürfnissen des Reifenfabrikanten zu schneiden. Die Besonderheiten dieser Maschine können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Die transportable Abnahmevorrichtung des Materials ist aus Abb. 135 und 136 ersichtlich. Eine Rolle auf Mitläufer gewickelten Materials ist auf einer herausziehbaren und bremsbaren Welle a gelagert. Die Abstreifwalze b gewährleistet die Trennung des Mitläufers c vom Gummi d. Die Abnahmewalze e wird über die Klauenkupplung f angetrieben und liefert das abgestreifte Material zu der Hängeschlaufe g. Die in ihrer Höhenlage veränderliche leichte Walze h dient zur Regulierung des intermittierenden Antriebes der Walze e. Von der Hängeschlaufe g wird das Material mittels angetriebener Bänder i über die Führungswalze k dem eigentlichen Diagonalschneiderahmen zugeführt. Die Antriebvor-

richtung ist aus Abb. 137 ersichtlich. Ein Elektromotor a treibt über Schneckenreduziergetriebe b, Kurbel c und Pleuelstange d ein Schaltwerk e an, dessen ausstreuende, als Klaue f ausgebildete Welle über die

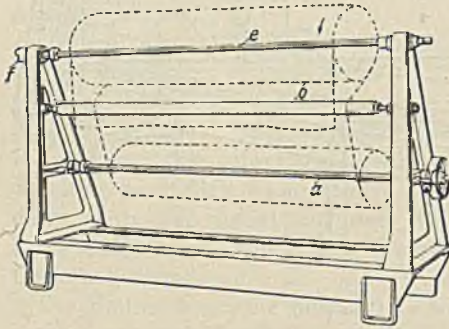


Abb. 135. Transportable Abnahmevorrichtung eines Schrägschneiders

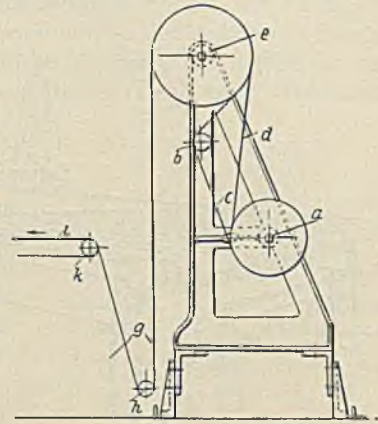


Abb. 136. Transportable Abnahmevorrichtung eines Schrägschneiders

Klauenkupplung f (Abb. 135), die Abstreifwalze e (Abb. 135 und 136) betreibt. Die intermittierende Vorführung erleichtert selbst bei sehr klebrigem Material das Abstreifen des Gewebes vom Mitläufer erheblich.

Dieser Abstreifmechanismus gestattet raschen Wechsel von einer Gewebeart zur anderen. Der übliche Hebewagen wird unter das Abnahmegestell gerollt, hebt dieses auf, rollt es fort und ein anderes Gestell wird zum Abstreifen an seine Stelle gefahren. Diese Methode schaltet ferner die Notwendigkeit aus, die Mitläufer wieder zurückzurollen, ebenso wie übermäßiges Hin- und Hertransportieren des Gewebes von und zu den Lagerrechen wie bei der üblichen Art von Abstreifmechanismen erforderlich, insbesondere wenn man mit dauernder Abänderung der Gewebequalitäten rechnen muß.

Der Abschneider selbst besteht aus einem Metallrahmenwerk, das intermittierend betriebene Zuführungsbänder a trägt. Die Maschine selbst ist in Abb. 138 dargestellt. Die Führungswalze der Bänder a wird von der Bedienungsseite der Apparatur aus mittels Kette betrieben. Die Vorwärtsbewegung des Gewebes ist sehr genau einstellbar und kann rasch je nach Wunsch geändert werden.

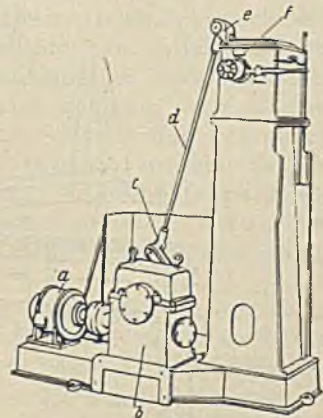


Abb. 137. Antrieb des Diagonalschneiders



Die Einstellung der zu schneidenden Bandbreiten erfolgt mittels einer Noniusskala, wie in Abb. 139 dargestellt. Durch das Handrad a wird die Schnittbreite auf der Skala b bestimmt.

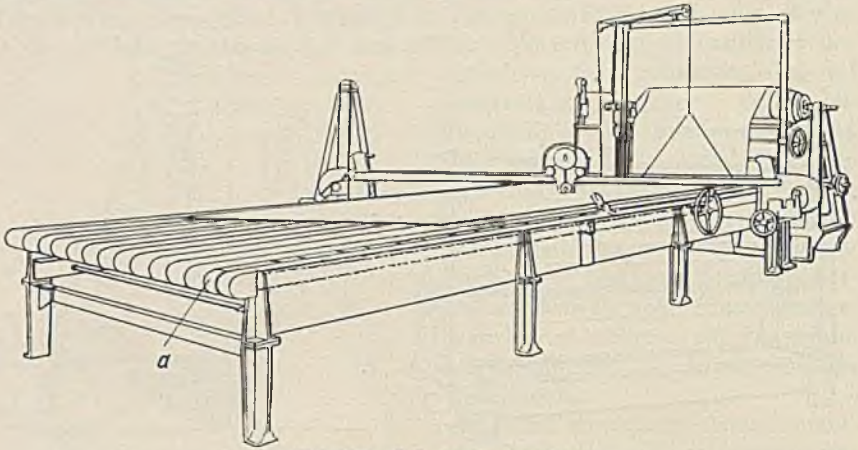


Abb. 138. Schrägabschneider

Abb. 140 zeigt ein rotierendes Messer a mit gezählter Schneide. Der Antriebsmotor b leistet 0,5 PS und verleiht dem Messer eine Drehzahl von 3450 Umdrehungen pro Minute, und dieses macht 350 000 Einschnitte

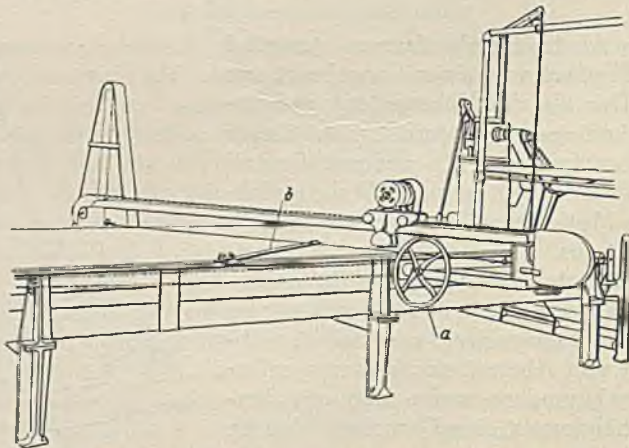


Abb. 139. Schrägabschneider für verschiedene Breiten

pro Minute. Eine Betrachtung der Abb. 139 und 140 zeigt, daß das Messer an einem querlaufenden Wagen befestigt ist und durch eine Gliederkette vor- und zurückbewegt wird. Das zu schneidende Material wird durch einen Schuh c unterstützt, um es vom feststehenden Unterlagsstreifen abzuheben.

Die Bannermaschinen sind nicht zur Erzielung höchster Schnitzzahl gebaut, sondern lediglich, um einen größeren Umsatz pro Arbeitsstunde zu erhalten.

In der Praxis wird der Diagonalschneidebandtisch oft auf 15 m und mehr verlängert. Die die Maschine bedienenden Arbeiter können zweckmäßig an jeder Seite des Bandtisches ihren Arbeitsplatz finden, so daß sie den geschnittenen Streifen selbst von diesem Tisch nach Bedarf abnehmen können.

Die Leichtigkeit, mit der Veränderungen in der Breite durchführbar sind, gestattet den Arbeitern ihre Wünsche dem Bedienungsmann des Schrägschneiders mitzuteilen, der sofort die erwünschten Streifen herstellen kann. Diese werden dann entweder sofort auf den Reifenkern aufgebracht oder dem Zwischenlager zugeführt.

Die Bannermaschine bewährt sich insbesondere zum Zuschneiden des Materials für Riesenluftreifen, aber auch überall dort, wo Automobilreifen in kleinen Mengen aber von verschiedenen Größen hergestellt werden.

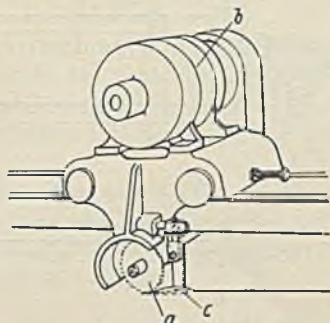


Abb. 140. Geweschneider

## Streichmaschinen

Für das Streichen und Trocknen von Geweben, die eine oder mehrere Auflagen bzw. Übergänge erfordern, ist die Horizontalstreichmaschine in fast ausschließlichem Gebrauch. Zweifellos würde man Vorteile in bezug auf Raumersparnis und auch in anderer Beziehung zu erwarten haben, wenn vertikale »Spreader« Anwendung finden könnten, doch scheinen die Schwierigkeiten in der Regulierung der Aufgabe und der gleichmäßigen Verteilung des »Teiges« so groß gewesen zu sein, daß die horizontale Maschine als Standardaggregat der Kautschukfabriken verblieben ist. In Abb. 141 ist die Streichmaschine von Iddon dargestellt als Beispiel einer Apparatur die vielen Anforderungen genüge leistet.

Diese Maschinen werden in allen Größen hergestellt, um den Erfordernissen des Marktes zu entsprechen. Die durchschnittliche Größe der Trockenfläche beträgt 1,8 m Breite und 6,0 m Länge. Die Streichwalzen werden für Maschinen bis zu 1,8 m Breite mit 230 mm Durchmesser und für Maschinen größerer Breite mit 250 mm Durchmesser geliefert. Sie sind mit Kautschuk erstklassiger Qualität überzogen, genau abgeschliffen und bearbeitet. Die Walzen ruhen in kräftigen Lagerschalen und in stabilen Zapfengestellen, die auch gleichzeitig die Streichmesser tragen. Feingewindeschrauben und Handräder ermöglichen die erforderliche genaue Einstellung.

Diese Maschine besitzt Gangschaltung für zwei Drehzahlen und erleichtert somit die Arbeit des Streichmeisters gegenüber der Umständ-



lichkeit des Riemenwechsels an den alten Maschinen mit drei Geschwindigkeiten.

Es wurde gefunden, daß zwei Geschwindigkeiten im allgemeinen ausreichen, da die Geschwindigkeit dem verarbeiteten Teig angepaßt werden

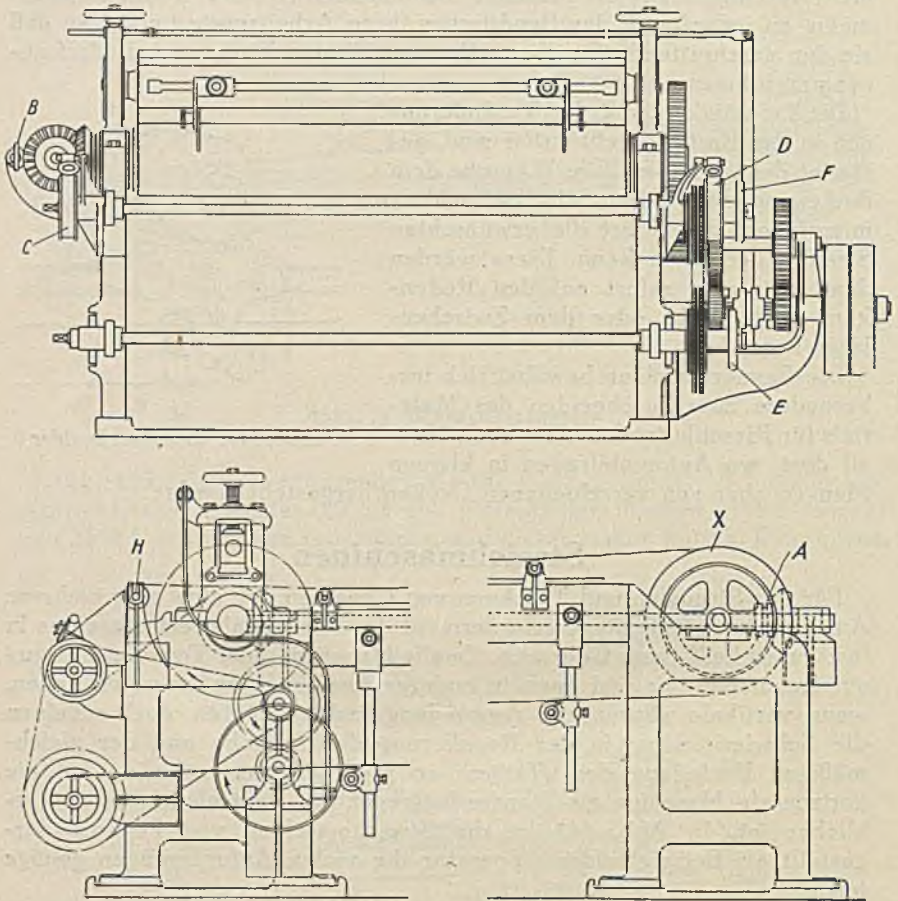


Abb. 141. Streichmaschine nach Iddon

kann und eine bessere und erhöhte Produktion erzielbar ist. Die ausgewählten Geschwindigkeiten werden von vielen Faktoren bestimmt, wie beispielsweise Struktur des Gewebes, Qualität des Kautschuks, verfügbare Trockenflächen usw. Übliche Geschwindigkeiten von 5 und 7 m bis 7,5 und 10 m pro Minute.

Die Anwendung rascher und lockerer Scheibenrollen sowie das Wechselgetriebe gestatten leichtes und gleichmäßiges Anlaufen und vermeiden Schäden an dem zu verarbeitenden Material.

Beachtenswert sind auch die durch Kette angetriebene Aufwickelvorrichtung und der kombinierte Ab- und Rückwickelantrieb, die je durch

Reibungskupplung und Regelung mittels Handrades bedient werden und Einstellung der für das zu verarbeitende Material erwünschten Spannung gestatten. Der Abblantrieb ist auch mit Lederbandbremsen C und D ausgerüstet, um während des Arbeitens Spannung zu erreichen.

Nach Beendigung jedes Aufstriches wird das Gewebe wie folgt zurückgewickelt:

1. An der hinteren Walze X wird mit Hilfe des Handgriffes B die Klauenkupplung A zurückgezogen.
2. Die zwei Abblabremsen C und D werden freigegeben.
3. Die Handradkupplung E der Aufwickelvorrichtung wird freigegeben.
4. Das Handrad F wird angezogen, wodurch das Gewebe mit dreifacher Streichgeschwindigkeit zurückgewickelt wird. Beim Rückwickeln wird das Gewebe über die entfernbare Führungswalze H geleitet.

Es ist selbstverständlich, daß das Gewebe aus gewöhnlichem Mitläuferstoff hergestellte Endstücke aufweist, wie sie für die Auf- und Rückwicklung zweckmäßig sind. Die Rückwickelvorrichtung gestattet ferner, das Gewebe ständig unter Zug aufgerollt zu erhalten.

### Bewegliches Doppelstreichmesser

Das doppelseitige Streichbrett (Streichmesser) ist in Abb. 142 dargestellt. Die beiden Kanten des Streichbrettes weisen unterschiedliche

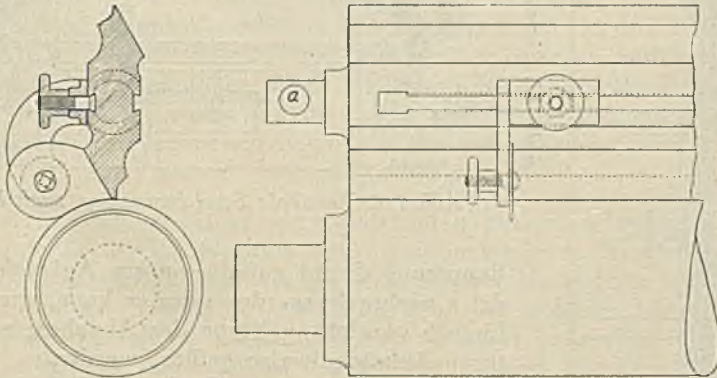


Abb. 142. Doppelseitiges Streichmesser

Profile auf. Die untere breite Kante wird bei der Herstellung starker Gummiauflagen verwendet, während die obere schmale Kante für die Gummierung feiner Stoffe Verwendung findet. Die Länge des Streichmessers richtet sich natürlich nach der Breite der Arbeitsbahn. Das Wenden des Messers erfolgt leicht nach Lösen und Beiseiteschieben der Führungen durch Drehung in den Lagern a.

Die stählernen Heizkörper für die Trockenvorrichtung sind für 3,5 Atm. Dampfdruck bemessen. Die rückwärtige Zugwalze ist aus gut abgelagerstem Holz hergestellt und wird von der Streichwalze über ausrückbare Hebelräder angetrieben.



### Shaws Spreader

Eine Maschine gebräuchlicherer Art, die nach ähnlichen Konstruktionsgrundsätzen gebaut ist, zeigt Abb. 143.

Der Antrieb erfolgt über Stufenscheibe, Klauenkupplung und Reduktionsgetriebe zur Streichwalze und über Kegelradantrieb, Seitenwellen und Klauenkupplung zur Zugwalze. Die Aufwicklung erfolgt mittels Riemenantriebes über Fest- und Losscheibe. Der Mitläufer kann nach

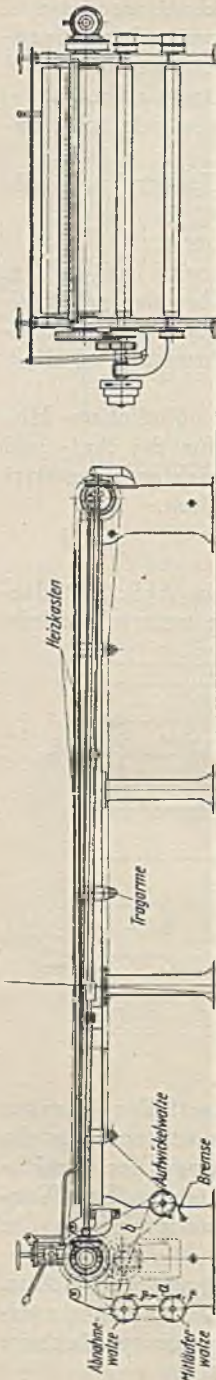


Abb. 143. Shaws Spreader

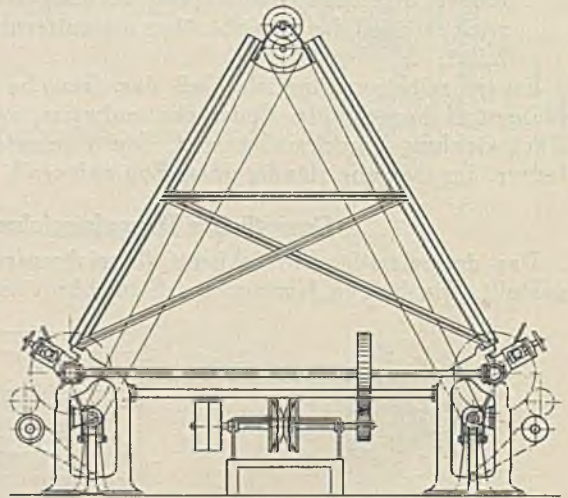


Abb. 144. Vertikale Streichmaschine nach Bridge

Benutzung direkt auf die untere Aufwickelspindel a verbracht werden oder er kann, wie durch Linie b gezeigt, auch von der Abnahme zur hinteren Aufwickelwalze geführt werden.

Eine große Zahl verschiedener Einzelmethoden werden von den einzelnen Gummifabriken in der Handhabung des auf Streichwalzen benutzten Mitläufers angewandt, um die Streckung des Mitläufers zu sichern, und die Bildung von Falten bei gleichzeitiger vorsorglicher Aufwicklung zu verhindern. Mitunter werden zwei Mitläufer auf einmal gehandhabt, indem der eine von der Abnahmestelle sofort auf eine leere Spindel aufgewickelt wird, während dem gestrichenen Gewebe ein anderer Mitläufer von einer Hilfsspindel zugeführt wird.

### Doppelendige geneigte Streichmaschinen

Abb. 144 zeigt eine Bauart von *Bridge*, die das Rückwickeln des Materials zur Vornahme aufeinanderfolgender Aufstriche erübrigt.

Es befindet sich an jedem Ende ein steil angestelltes Kautschukstreichmesser.

Die stark geneigte Lage der Heizkammern gestattet eine Längensparnis von nahezu 50% im Vergleich zu den horizontalen Heizkammern.

Antrieb mit veränderlicher Drehzahl wird durch Anwendung eines Kegelscheibengetriebes erreicht. Diese Anordnung gestattet eine weitgehende Veränderung in der Laufgeschwindigkeit des Gewebes. Sie wurde von der Firma *Bridge* auch bei einer großen Anzahl horizontaler Streichmaschinen eingebaut.

Obwohl, wie bereits erwähnt, die Vertikalbauart der Maschine für das Streichen mit Kautschukteig nicht angewandt wird, glaube ich, daß die Ausführung einer solchen Maschine nach dieser *Bridge* schen Konstruktion viel für sich hat.

Ich möchte diesen Abschnitt nicht abschließen, ohne all denen, die mir bei der Abfassung desselben behilflich waren, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Dieser Dank gebührt insbesondere den Firmen Hermann Berstorff, David Bridge & Co., Farrel-Birmingham Co., W. Gardner & Sons, Iddon Bros., Friedr. Krupp & Co., Manlove Alliott & Co., Joseph Robinson & Co., Thomas Robinson & Co., Francis Shaw & Co., Werner & Pfeleiderer, die mir Zeichnungen und Konstruktionspläne überlassen haben, sowie mich mit erläuternden Konstruktionsdetails versahen, ohne die mir die Abfassung dieses Abschnittes in der vorliegenden Ausführlichkeit unmöglich gewesen wäre.

Es ist im Rahmen einer kurz gedrängten zusammenfassenden Darstellung der in der Kautschukindustrie gebräuchlichsten Maschinen nicht möglich, jede einzelne Fabrik, die sich mit der Herstellung von Kautschukmaschinen befaßt, zu erwähnen bzw. die von ihr hergestellten Apparaturen einzeln zu beschreiben. Der Verfasser des vorstehenden Abschnittes hat sich daher darauf beschränken müssen, das Konstruktionsprinzip und die Arbeitsweise der wichtigsten Maschinentypen an Hand solcher Beispiele zu erläutern, die ihm auf Grund seiner eigenen praktischen Erfahrung besonders geläufig waren. Die von ihm beschriebenen Typen sind lediglich als Demonstrationsbeispiele zu werten und stellen selbstverständlich keinen wie immer gearteten Gradmesser für Qualität oder dergl. dar. Um nun insbesondere dem deutschen Leser die Möglichkeit zu geben, sich über die bekannten und bewährten Fabriken zu orientieren, die Kautschukmaschinen in Deutschland herstellen, ist im folgenden eine Zusammenstellung der maßgeblichen deutschen Firmen angefügt, der auch die von diesen Unternehmungen im besonderen für die Gummi-Industrie erzeugten Maschinen zu entnehmen sind.

Der Herausgeber.



- Übersicht über die deutschen Maschinenfabriken und die von ihnen hergestellten Erzeugnisse:
- Ballenschneider: Otto Jachmann A.-G., Berlin; Werner & Pfeleiderer, Cannstatt-Stuttgart.
- Trockenapparate: Julius Pintsch A.-G., Berlin; Benno Schilde A.-G., Hersfeld.
- Siebe: Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg; A. Jasse G. m. b. H., Berlin.
- Walzen: Eisenwerk Coswig A.-G., Dresden.
- Getriebe: August Seegers, Hannover-Linden; Otto Gruson & Co., Magdeburg-Buckau; Bamag Meguin A.-G., Dessau; Fried. Krupp A.-G., Essen.
- Mischwalzwerke: Paul Troester, Maschinenfabrik, Hannover-Wülfel; C. G. Haubold A.-G., Chemnitz; Hermann Berstorff, Maschinenbau-Anstalt, G. m. b. H., Hannover; Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg.
- Mischmaschinen: Werner & Pfeleiderer, Cannstatt-Stuttgart; Karl Seemann G. m. b. H., Berlin-Borsigwalde.
- Kalender: Paul Troester, Maschinenfabrik, Hannover-Wülfel; C. G. Haubold A.-G., Chemnitz; Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg; Hermann Berstorff, Maschinenbau-Anstalt, G. m. b. H., Hannover; Heinrich Schirm, Maschinenfabrik, Leipzig.
- Spritzmaschinen und Schlauchmaschinen: Paul Troester, Maschinenfabrik, Hannover-Wülfel; Harburger Eisen- und Bronze- werke A.-G., Harburg-Wilhelmsburg; Hermann Berstorff, Maschinenbau-Anstalt, G. m. b. H., Hannover; Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg, Otto Jachmann A.-G., Berlin.
- Streichmaschinen: Paul Troester, Maschinenfabrik, Hannover-Wülfel; Berger & Co. G. m. b. H., Berg-Gladbach; Hermann Berstorff, Maschinenbau-Anstalt, G. m. b. H., Hannover; C. G. Haubold A.-G., Chemnitz; Heinrich Schirm, Maschinenfabrik, Leipzig; Otto Jachmann A.-G., Berlin.
- Temperaturregler: Siemens & Halske A.-G., Berlin; Arca-Regler A.-G., Berlin; Gesellschaft für selbsttätige Temperatur- regelung, Berlin; Askania-Werke A.-G., Berlin.

# MISCHUNGSWESEN\*)

VON DR., DR.-ING. JOSEF TALALAY UND ANSELM TALALAY, LONDON

## I. Verhalten der Mischungsstoffe im Kautschuk (mit Ausschluß der Vulkanisationsbeschleunigung)

### 1. Einleitung. Gründe für die Verwendung von Füllstoffen

Der mit etwa 6 bis 10 Gewichtsproz. Schwefel zusammengemischte und vulkanisierte Kautschuk besitzt eine Reihe von Eigenschaften, die ihn vor allen anderen Materialien auszeichnen. Er ist außerordentlich elastisch — in der landläufigen Bedeutung dieses Wortes —, verhältnismäßig widerstandsfähig und zeichnet sich durch hohes Isolationsvermögen für Elektrizität und Wärme, durch Festigkeit gegen zahlreiche chemische Agenzien usw. aus. Dennoch wäre er als Werkstoff für viele der praktischen Zwecke nicht geeignet.

\* Die vielseitige Verwendungsmöglichkeit des Kautschuks, die von keinem anderen Naturprodukt auch nur annähernd erreicht wird, läßt sich nur dadurch erklären, daß der Kautschuk durch Vermengung mit bestimmten anorganischen und organischen Substanzen zu Produkten (Vulkanisate) mit den verschiedensten Eigenschaften führt, die dem jeweiligen Verwendungszweck besonders angepaßt werden können. Während bis zum Aufblühen der ostasiatischen Plantagenwirtschaft auch die natürlichen Unterschiede der verschiedenen damals marktgängigen Wildkautschuksorten und die darauf beruhende Verschiedenartigkeit der Eigenschaften bei der Verarbeitung eine ebenso ausschlaggebende Rolle spielten wie die Zusatzmaterialien, so fällt seit Einführung der mehr und mehr standardisierten Plantagen-Kautschuksorten das Hauptgewicht auf die dem Kautschuk einzuverleibenden Substanzen.

Man könnte daher den Standpunkt vertreten, daß der folgende, für die gesamte Technologie des Kautschuks so bedeutsame Abschnitt, durch eine Besprechung bzw. Bewertung der Rohkautschuksorten, der aktiven und inaktiven Füllstoffe, der Farbstoffe und Weißpigmente, der Erweichungsmittel, der Vulkanisationsbeschleuniger, Aktivatoren und Verzögerer, Alterungsschutzmittel und besonderen Zwecken dienender Zusatzstoffe, wie Treibmittel, Poliermittel, Desodorantien u. dergl., eingeleitet werden sollte.

Die seit Jahren unvermindert anwachsende Zahl all dieser Zusatzstoffe, sowie die von den einzelnen Herstellerfirmen derartiger Kautschuk-Chemikalien laufend herausgebrachten Hinweise und Broschüren, würden aber eine derartige Aufzählung oder „Materialkunde der Mischungsstoffe“ schon in aller kürzester Zeit zu einer unvollständigen Aufzählung stempeln. Aus dieser Ueberlegung heraus erschien es daher richtig und dem Grundgedanken dieses Handbuchs entsprechend, auf eine derartige Einleitung zu verzichten. Es wurde vielmehr als richtig befunden, sich im folgenden Abschnitt lediglich an Hand einiger Beispiele mit den für die jeweilige Stoffgruppe prinzipiell erforderlichen Eigenschaften und ihrer Auswirkung im Gummi zu befassen, die Zweckmäßigkeit ihrer Anwendung aber im Rahmen der einzelnen Spezialabschnitte zu besprechen.

So finden wir in dem vorangegangenen Kapitel über die „Chemische Prüfung“ bereits wichtige, die Materialkunde der Zusatzstoffe betreffende Hinweise, ebenso wie im Abschnitt über „Alterung und Oxydation“ alles für die Verwendung alterungsverzögernder Mischungsstoffe Wichtige enthalten ist. Die Anwendung von Erweichern und Plastikatoren findet in



Die ausgedehnte Anwendung verdankt der Gummi erst der Tatsache, daß es durch Zugabe gewisser anorganischer und organischer Stoffe gelingt, ihn in seinen Eigenschaften weitgehend zu veredeln, und ihn differenzierten Anforderungen eines bestimmten Verwendungszweckes anzupassen.

Die Zumischung dieser Stoffe bedeutet — entgegen der weit verbreiteten Ansicht — keineswegs stets eine Verbilligung. Nicht selten sind die Volumenkosten eines aus bestimmten Gründen unerläßlichen Ingrediens ein Vielfaches des Rohgummipreises.

Mit der Verbesserung der technologischen Eigenschaften und mit der Verbilligung der Mischungskosten sind die Aufgaben der Zusatzstoffe jedoch noch nicht erschöpft. Weitere Kategorien von Ingredienzien dienen dazu, die Verarbeitung der rohen Mischung zu erleichtern, den Herstellungsprozeß (zumal die Vulkanisation) zu beschleunigen, dem fertigen Erzeugnis ein schönes Aussehen zu geben, es gegen schädliche Einflüsse der Alterung zu stabilisieren usw.

Ursprünglich geschah die Auswahl und Dosierung der Mischungsstoffe nach vollkommen empirischen Gesichtspunkten. Hochgezüchtete tech-

---

den verschiedenen Beiträgen Erwähnung. Die Verarbeitung von Farbstoffen hat insbesondere im Abschnitt „Technische Gummiwaren“ eingehendere Darstellung gefunden. Ausführliche Angaben über Treibmittel sind dem Abschnitt „Schwammgummi“ zu entnehmen usw.

Auch die Verarbeitung verschiedener Rohgummisorten und deren Bewertung im Rahmen dieses Handbuches einer eingehenden Besprechung zu unterwerfen, erschien nicht angebracht, da sich die diesbezüglichen Ansichten trotz zunehmender Systematik noch nicht mit hinreichender Exaktheit verallgemeinern lassen. Dennoch ist in den verschiedenen Abschnitten des Handbuches die besondere Bedeutung, die der Verarbeitung der einen oder anderen Rohkautschuksorte zukommt, erwähnt und besprochen worden.

Aus Gründen der Vollständigkeit sei im folgenden neuere Literatur zitiert, aus der man die Qualifizierung und Bezeichnung der wichtigsten Kautschuksorten sowie der derzeit bekanntesten und wichtigsten Beschleuniger, Antioxydantien usw. entnehmen kann.

Eine praktisch lückenlose Aufzählung der in der Industrie bis vor kurzem gebräuchlichsten Wildkautschuksorten finden wir in „The Rubber Industry“ von Torrey und Manders, London 1911. Eine Erörterung der heute vornehmlich gebräuchlichen Brasilsorten und Plantagenmarken sowie ihrer Typenbezeichnung, ist der Monographie „Kautschuk“ von Hübner, Berlin 1933, zu entnehmen. Eine eingehende Erörterung der dem Kautschuk verwandten Kohlenwasserstoffe Guttapercha und Balata sowie ihrer wichtigsten Handelsbezeichnungen und marktgängigen Typen, finden wir in dem Buch „Guttapercha und Balata“ von Fischer, Berlin 1934. Im „Vade Mecum des Principaux Accélérateurs de Vulcanisation et des Antioxygènes“ von Jacobs, Paris 1933, finden wir eine tabellarische Aufzählung der heute bekanntesten Beschleuniger und Antioxydantien, ihre chemische Bezeichnung und Wirkungsweise. Verwiesen sei auch noch auf die Spezialbroschüren der einzelnen Herstellerfirmen über Beschleuniger, Aktivatoren und Verzögerer, Antioxydantien, Erweicher, Emulgatoren, Desodorantien, Farbstoffe u. dergl. Von den wichtigsten seien hier genannt: I. G. Farbenindustrie A.-G., Frankfurt a. Main; E. I. du Pont de Nemours Inc., Wilmington, Delaware, USA.; Imperial Chemical Industries Ltd., London; Soc. Anon. de St. Denis, Paris; R. T. Vanderbilt Co., New York; The Naugatuck Chem. Co., New York; The Rubber Service Laboratories Co., Akron, Ohio, USA.; u. v. a.

[Anm. d. Herausgebers]

nische Anforderungen auf der einen Seite, wirtschaftliche Faktoren auf der anderen, zwangen jedoch die Chemiker und Technologen, das Verhalten dieser Stoffe im Kautschuk systematisch zu studieren. Namentlich in den letzten 15 Jahren ist ein ausgedehntes Schrifttum über die Wirkung der Füllstoffe und über Teilprobleme des Mischwesens entstanden. Es liegt jedoch an der teilweise beträchtlichen Schwierigkeit der Probleme wie der Arbeitsmethoden, daß diese Untersuchungen nicht immer zu vergleichbaren Resultaten geführt haben. Auch ist es all dieser intensiven Arbeit nicht gelungen, die Empirie ganz aus dem Gebiete des Mischwesens zu verbannen. Auch heute stehen dem Praktiker eher Richtlinien als feste Gesetzmäßigkeiten für die Lösung seiner Mischungsprobleme zu Gebote.

Die Wirkung eines Füllstoffzusatzes ist komplex. Die Zugabe eines Pigments wirkt sich niemals selektiv in der Veränderung einer einzigen Eigenschaft aus, sondern sie beeinflusst mehrere zugleich. Auch verhalten sich die Mischungsstoffe in ihrer Wirkung nicht additiv. Dennoch soll in diesem Kapitel der Versuch gemacht werden, die durch das Einverleiben von Füllstoffen mit dem Kautschuk vor sich gehenden Veränderungen nach den technologischen Eigenschaften der rohen und der vulkanisierten Mischung zu gruppieren.

An erster Stelle werden die sogenannten Festigkeitseigenschaften besprochen, d. h. die Zugdehnungscharakteristik mit den davon abgeleiteten Kraft-, Dehnungs- und Energiebegriffen, ferner die Härte, die Abnutzungsfestigkeit und die Kerbzähigkeit des Systems: Kautschuk-Füllstoffe.

An zweiter Stelle soll die Diskussion der elastischen Eigenschaften der Mischungen folgen. Zu diesen zählen wir die Hysteresischarakteristik, die bleibende Verformung, die Prallelastizität und im weiteren Sinne auch einige der Zermürbungsdaten.

Im Anschluß daran finden die Eigenschaften der rohen Mischung Erwähnung, die für den Verarbeitungsprozeß von Wichtigkeit sind. Es sind dies die Plastizität, die Löslichkeit und die Klebrigkeit.

Schließlich werden einige spezielle technologische Eigenschaften diskutiert, die auf die drei bisher erwähnten Gruppen nicht oder nur indirekt zurückzuführen sind. Von diesen seien hier erwähnt: das Verhalten im elektrischen Felde, die Wärmeleitfähigkeit, die Widerstandsfähigkeit gegen organische Lösungsmittel, die Durchlässigkeit für Gase usw.

Ein Abschnitt, der sich mit den Theorien des Systems »Kautschuk-Füllstoff« befaßt, ist dieser Darstellung vorausgeschickt.

Es muß im Auge behalten werden, daß die technologischen Kriterien einzeln genommen oft noch nichts Direktes über das Verhalten eines Gegenstandes im praktischen Gebrauch auszusagen vermögen. Einmal, weil sie idealisierte Beanspruchungsfälle darstellen, ein andermal, weil die Praxis stets mehrere solcher Anforderungen zugleich an das Ergebnis stellt.



Es muß den späteren Abschnitten dieser Technologie vorbehalten bleiben, die Beanspruchungsfälle aufzuweisen, denen in der Praxis dieser oder jener Kautschukgegenstand unterliegt, und zu zeigen, durch die Gesamtheit welcher technologischen Kriterien diese Beanspruchung am besten angenähert werden kann.

## 2. Das System »Kautschuk-Füllstoff«

### a) Die Zug-Dehnungs-Charakteristik

Wird eine Kautschukprobe auf einem der bekannten Festigkeitsprüfer einer ansteigenden Zugkraft unterworfen, so dehnt sich die Probe zunächst aus, um schließlich zu zerreißen. Trägt man die wirkende Kraft (gegebenenfalls nach Division durch den ursprünglichen Querschnitt der Probe) als Funktion der jeweiligen Dehnung auf, so ersieht man aus der resultierenden »Zug - Dehnungs - Charakteristik«, daß keine Proportionalität zwischen der Kraft und der Dehnung besteht. Die Zug-Dehnungskurve (Abb. 145) ist meist S-förmig geschweift. Mit

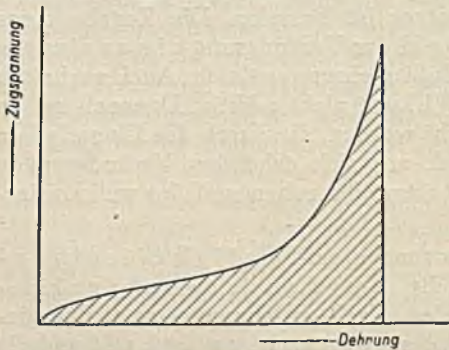


Abb. 145. Zug-Dehnungs-Charakteristik

zunehmender Belastung wird das Material immer steiler. Die Kurve krümmt sich gegen die Lastachse.

Die Koordinaten des Endpunktes der Zugdehnungscharakteristik sind die »Bruch- oder Reißfestigkeit« und die »Bruchdehnung«. Die erste bedeutet demnach die Kraft (z. B. in kg pro cm<sup>2</sup> ursprünglichen Probequerschnitt), die zum Bruch des Versuchsstückes führt<sup>1</sup>, während die zweite die Grenze (in Prozenten der ursprünglichen Länge) angibt, bis zu der die Probe gedehnt werden kann, ehe der Bruch eintritt. Die Technik des Zugversuches wird an anderer Stelle (s. Kapitel »Mechanische Prüfung«) ausführlich beschrieben.

Nach Anschauungen der Mechanik ist die (gestrichelte) Fläche unter der Zugdehnungskurve (Abb. 145) dem Betrag der zum Dehnen bzw. Zerreißen aufgewandten Arbeit proportional. Diese Arbeit kann in einem beliebigen mechanischen oder thermischen Maße ausgedrückt werden und ist, mathematisch formuliert:

$$\text{Zerreiẞarbeit } A = \int_{E_0}^{E_b} T dE,$$

<sup>1</sup> In angelsächsischen Ländern auch in lbs/sq.in., wobei 100 lbs/sq.in. = 7,03 kg/qcm und 100 kg/qcm = 1422 lbs/sq.in. sind.

wenn  $T$  die jeweilig herrschende Zugspannung,  $E$  die entsprechende Dehnung,  $E_0$  die Anfangslänge und  $E_b$  die Bruchlänge bezeichnet.<sup>2</sup>

Einem Vorschlag von W. B. Wiegand<sup>3</sup> zufolge, pflegt man die Zerreißarbeit auf die Volumeneinheit der zerrissenen Probe zu beziehen, und nennt die so errechnete Größe »Widerstandsenergie« (Proof resilience).

Die Fähigkeit, große Energiemengen elastisch zu speichern, ist die hervorragendste Eigenschaft einer Kautschukmischung. Tabelle I<sup>4</sup> veranschaulicht die Überlegenheit des Kautschuks in dieser Hinsicht über alle anderen gebräuchlichen Werkstoffe.

Tabelle I

	Energie „A“ (ft. lbs/lbs) absorbiert bis zur Elastizitätsgrenze
Graues Gußeisen . . . . .	0,37
Extra elastischer Stahl . . . . .	3,07
Getemperter Federnstahl . . . . .	95,30
Walz aluminium . . . . .	7,56
Phosphorbronze . . . . .	4,08
Hickory-Holz . . . . .	122,50
Vulkanisierter Kautschuk . . . . .	14 600,00

### b) Beeinflussung der Zugdehnungskurve

Der Charakter der Zugdehnungskurve und mit ihm die Fähigkeit des Materials, Energie zu absorbieren, ist eine Funktion sehr vieler Veränderlichen. Selbst wenn wir von dem Einfluß der Versuchsbedingungen absehen, unter denen die Kurve aufgenommen wurde<sup>5</sup>, hängt ihr Charakter noch wesentlich ab:

1. Von der Art und der Menge der dem Kautschuk zugemischten Stoffe.
2. Von der Handhabung dieses Einmischungsprozesses.
3. Von der Vulkanisation (und den zu ihrer Beförderung verwandten Agenzien) und
4. Von dem »Alter« der Probe.

<sup>2</sup> Geht man nicht bis zur Bruchdehnung  $E_b$ , sondern bis zu einer geringeren Dehnung  $E_x$ , so bedeutet der Ausdruck

$$\int_{E_0}^{E_x} TdE$$

die bis zu dieser Dehnung  $E_x$  in der Probe aufgespeicherte Energie.

<sup>3</sup> loc. cit.

<sup>4</sup> Nach W. B. Wiegand, Ind. Engng. Chem. 13 (1921) S. 118

<sup>5</sup> Die Zug-Dehnung-Kurve fällt verschieden aus, je nach der Art der verwandten Maschine (Schopper, Scott) und der Form der Probe (Ring, Hantel) (vgl. z. B. Handb. d. Kautschukw. (Leipzig 1930) S. 585 oder M. Jones, I.R.I. Trans. 7 (1931) S. 48). Eine Rolle spielen die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit bei denen gemessen wurde (vgl. A. A. Sommerville u. W. H. Cope, Trans. I.R.I. 4 (1928) S. 263, sowie: Report Phys. Testing Comm., Americ. Chem. Soc., Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 1245), ferner die Geschwindigkeit, mit der die Probe gestreckt wird (vgl. z. B. R. Dorey, Trans. I.R.I. 7 (1931) S. 158), die Art der Registrierung und zahlreiches mehr.



Nur der unter 1 erwähnte Einfluß der Zusatzstoffe soll uns in diesem Kapitel beschäftigen. Lediglich der Übersicht halber sei zusammengestellt, daß mit fortschreitender Vulkanisation die mechanischen Eigenschaften sich (gegenüber denjenigen der rohen Mischung) wesentlich verbessern, dann durch ein Maximum gehen (optimale Vulkanisation), das jedoch nicht für alle mechanischen Eigenschaften zeitlich zusammenfällt, um schließlich erst langsam und dann rapide abzufallen. Die Festigkeits-Vulkanisationszeit-Kurve kann je nach dem verwandten Beschleuniger, seiner Aktivierung oder Vergiftung durch Zusätze, der Temperatur usw. in ihrer Form stark variieren. Sie kann ein schmales Maximum aufweisen, ebenso wie ein sehr flaches »Plateau«.

Von dem Einfluß des »Alters« ist hier nur zu erwähnen, daß bei der Lagerung oder Verwendung des Kautschukgegenstandes ein langsamer Verfall seiner wertvollen Eigenschaften stattfindet. Dieser Prozeß kann durch Wahl der Zusätze und Vulkanisationsbedingungen verlangsamt oder auch beschleunigt werden. Dem Phänomen der Alterung ist ein besonderer Abschnitt dieses Buches gewidmet.

Ebenso ist schließlich der unter 2 erwähnte Komplex »Herstellungsmethode der Mischung« Gegenstand eines besonderen Kapitels (siehe S. 302).

### c) Einfluß der Füllstoffe

Die ersten Versuche über die Wirkung der Füllstoffe auf die Festigkeitseigenschaften u. a. von Heinzerling und Pahl<sup>6</sup>, ebenso wie die darauffolgenden Arbeiten von Ditmar<sup>7</sup>, P. Breuil<sup>8</sup> und zahlreichen anderen, vermochten noch keine allgemeingültigen technolo-

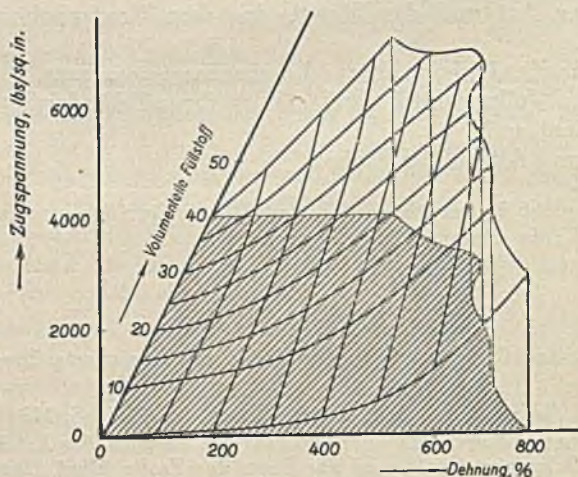


Abb. 146. Zug-Dehnungs-Charakteristik als Funktion des Füllstoffgehalts (Räumliches Modell)

<sup>6</sup> Verhandl. d. Vereins z. Beförd. d. Gewerbefleißes (1891) S. 348, (1892) S. 25

<sup>7</sup> Gummi-Ztg. 20 (1906) S. 394, 733, 844, 1077, 21 (1906) S. 103, 234, 418

<sup>8</sup> C. et G.-P. (1904) S. 77

gischen oder wissenschaftlichen Erkenntnisse zu fördern. Eine fruchtbare Grundlage für das Studium des Füllstoffproblems wurde erst vor kaum 15 Jahren von W. B. Wiegand<sup>9</sup> geschaffen.

Mischt man dem Kautschuk Ingredienzien in verschiedener Konzentration bei, so verändert sich — gleichzeitig mit anderen Eigenschaften der Mischung — sehr beträchtlich der Charakter der Zugdehnungskurve, und es verschiebt sich ihr Endpunkt. In Abb. 146 sind die Verhältnisse für den Fall einer Gasrußmischung in einem räumlichen Modell dar-

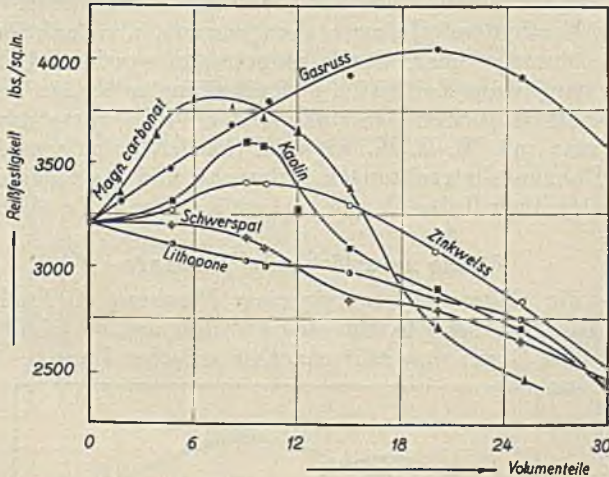


Abb. 147. Reißfestigkeit von Kautschukmischungen in Abhängigkeit von ihrem Füllstoffgehalt

gestellt.<sup>10</sup> Der Rußgehalt steigt von 0 bis 40 Volumina (auf 100 Vol. Kautschuk).<sup>11</sup> Man ersieht daraus, daß mit zunehmender Füllstoffbeladung die Bruchdehnung geringer wird. Die Reißfestigkeit steigt an, geht durch ein Maximum, um dann wieder abzufallen; und die Zugdehnungs-

<sup>9</sup> Canad. Chem. Journ. 4 (1920) S. 160; Ind. Engng. Chem. 17 (1925) S. 623 und 939; Trans. I.R.I. 1 (1925/26) S. 148

<sup>10</sup> Der Einfluß der Vulkanisation ist hierbei eliminiert (s. S. 214 Fußnote)

<sup>11</sup> Da es sich beim Einmischen von Füllstoffen um eine Substitution der elastischen Kautschukphase durch feste Ingredienzien von sehr verschiedenem spezifischen Gewicht handelt, erweist es sich als zweckmäßig, das Volumen des eingemischten Füllstoffs statt seines Gewichtes zu betrachten.

<sup>12</sup> Als Maß für die Krümmung wurde von W. B. Wiegand, Ind. Engng. Chem. 17 (1925) S. 623, der sog. Konkavitätsfaktor  $C$  eingeführt. Würde forderliche Arbeit gleich  $\frac{E_b \cdot T_b}{2}$ , (wenn  $E_b$  die Bruchdehnung und  $T_b$  die

Bruchfestigkeit der Probe ist). Die tatsächliche Zerreißearbeit hat jedoch einen anderen Wert (s. S. 210). Im Bereich kleiner und mittlerer Füllstoffkonzentrationen ist sie geringer, bei füllstoffreichen Mischungen ist sie größer als dieser Ausdruck. Der Konkavitätsfaktor  $C$  gibt nun an, wieviel Prozent des Wertes  $\frac{E_b \cdot T_b}{2}$  die wirkliche Zerreißearbeit ausmacht.



kurve selbst richtet sich mit steigendem Gehalt an Füllstoff mehr und mehr zu einer Geraden aus.

Diese Art der Darstellung ist jedoch für die vergleichende Betrachtung der Wirkung verschiedener Ingrediencien und Konzentrationen ungeeignet. Prinzipiell könnte man für solche Zwecke die Reißfestigkeit, die Bruchdehnung oder die Krümmung<sup>12</sup> der Zugdehnungskurve einzeln als Vergleichsmaß wählen. Dies ist in Abb. 147 geschehen, wo die Reißfestigkeit einer aus Gummi, Schwefel und Beschleuniger bestehenden Grundmischung, der steigende Konzentrationen sechs gebräuchlicher Mischungsstoffe zugegeben wurden, als Funktion des eingemischten Volumens dieser Stoffe aufgetragen worden ist. Die Werte entsprechen jeweils der Reißfestigkeit bei optimaler Vulkanisation.

Eine viel übersichtlichere Darstellung der Verhältnisse gewinnt man aber, wenn man mit W. B. Wiegand (loc. cit.) sich von den reinen Kraft- und Dehnungsbetrachtungen freimacht, und statt dessen den soeben definierten Begriff der Widerstandsenergie als Bezugsmaß einführt.

#### d) Die »verstärkende Wirkung«

Trägt man die Widerstandsenergie einer Mischung als Funktion ihres Volumengehaltes an einem bestimmten Füllstoff auf, so erhält man (Abbildung 148) eine Kurve von sehr charakteristischer Form.

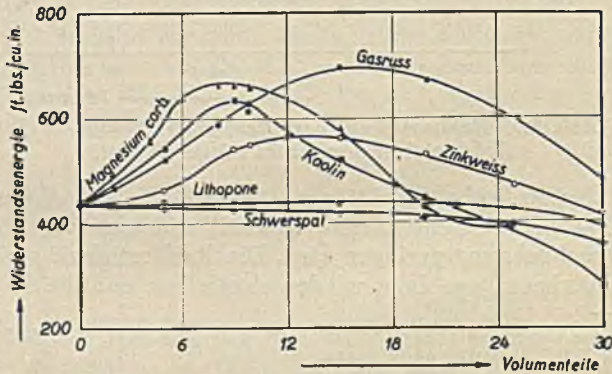


Abb. 148. Widerstandsenergie von Kautschukmischungen als Funktion ihres Füllstoffgehalts

Solche Charakteristika der Füllstoffwirkung bei verschiedener Konzentration wurden zuerst von W. B. Wiegand (loc. cit.) aufgenommen, der sich hierfür einer bleiglättebeschleunigten Grundmischung bediente<sup>13</sup>, später von H. W. Greider<sup>14</sup>, C. O. North<sup>15</sup>, R. W. Lunn<sup>16</sup> und anderen.

<sup>13</sup> Wiegand bediente sich einer Mischung aus 100 Vol. Kautschuk, 3 Vol. Bleiglätte und 2,5 Vol. Schwefel (entsprechend 100, 30 und 5 Gewichtsteilen), um sich von der lästigen Tendenz vieler Zusatzstoffe zu befreien, die Vulkanisation zu beschleunigen oder zu verlangsamen. Diese Mischung hatte den Vorteil einer außerordentlich flachen Vulkanisationskurve und lieferte zwischen 15 und 45 Minuten Vulkanisation praktisch die gleichen Festigkeitswerte.

In allen Fällen stellte sich übereinstimmend ein markanter Unterschied zwischen dem Verhalten des Gasrußes, des leichten Magnesiumkarbonats, des Zinkweiß und des Kaolins auf der einen Seite und des Schwerspates und der Lithopone auf der anderen heraus. Bei den Mischungsstoffen der ersten Kategorie wächst zunächst mit steigendem Zusatz die Zerreibarbeit, wobei sie teilweise sehr bedeutend über die Widerstandsenergie der füllstofffreien Grundmischung hinausgeht. (Diese ist in Abbildung 148 durch den Schnittpunkt der sechs Kurven mit der Ordinatenachse bezeichnet.) Nach Erreichung eines Maximums sinkt dann bei noch höheren Füllstoffkonzentrationen die Widerstandsenergie wieder ab, um schließlich unter den Wert der Basismischung zu fallen.

Die Stoffe der zweiten Kategorie (Lithopone, Schwerspat) besitzen anscheinend diese Eigenschaft nicht. Sie vermögen die Energieabsorptionfähigkeit der Mischung nicht zu erhöhen.

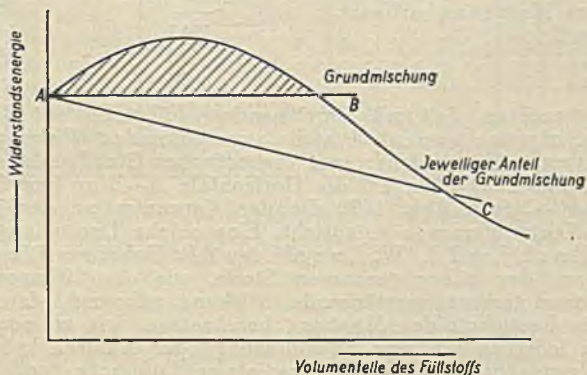


Abb. 149. Zur  $\Delta$ -A-Funktion

Es hat sich der Gebrauch eingebürgert, die Stoffe der ersten Kategorie »verstärkende« Füllstoffe zu nennen, und im Gegensatz dazu die Ingredienzien der zweiten Art: »verdünnende«, wobei es freilich mannigfache Übergänge zwischen den beiden Füllstoffklassen gibt.

**Die  $\Delta$ -A-Funktion.** Die »verstärkende Wirkung« (Reinforcement) äußert sich in der gleichzeitigen Veränderung einer sehr großen Anzahl mechanischer Eigenschaften. In geeigneter Konzentration zugemischt, verringern verstärkende Füllstoffe die Bruchdehnung, erhöhen die Bruchfestigkeit, die Steifheit, die Härte, den Widerstand gegen Einreißen und gegen Abnutzung und zahlreiche mehr. Ihre Wirkung beginnt schon im rohen Zustande, wo die Einmischung eines zu dieser Gruppe gehörenden Ingrediens die Plastizität und die Löslichkeit der unvulkanisierten Mischung herabsetzt. Viele dieser Veränderungen gehen mit der Erhöhung der Widerstandsenergie symbat und beweisen die Nützlichkeit dieser Begriffsbestimmung.

<sup>14</sup> Ind. Engng. Chem. 15 (1923) S. 504, 14 (1922) S. 385. Nach Greiders Daten sind auch die Abb. 147 und 148 gezeichnet.

<sup>15</sup> I.R.W. 63 (1920) S. 98

<sup>16</sup> Trans. I.R.I. 4 (1929) S. 396



Als quantitatives Maß für die Verstärkungsfähigkeit eines Füllstoffs ist von Wiegand die  $\Delta A$ -Funktion in Vorschlag gebracht worden. Diese Größe wird durch die Fläche gemessen, die (vgl. Abb. 149) zwischen der Kurve der Widerstandsenergie der füllstoffhaltigen Mischung und der Horizontalen A—B eingeschlossen wird, die die Zerreibarbeit der Grundmischung angibt. Diese Fläche ist in Abb. 149 gestrichelt. Die  $\Delta A$ -Funktion stellt somit die Summation der verstärkenden Wirkung eines Füllstoffs über den ganzen Konzentrationsbereich dar, innerhalb dessen der Füllstoff verstärkend wirkt.

Tabelle II  
 $\Delta A$ -Funktion einiger Füllstoffe  
nach Wiegand      nach Greider

Gasruß . . . . .	4690	4745
leichtes Magnesiumkarbonat . . . . .	—	2687
Zinkweiß . . . . .	1813	1432
Kaolin . . . . .	471	1904
Kreide . . . . .	90	—

Es ist zu beachten, daß mit zunehmendem Füllstoffgehalt die Mischung an der Kautschukphase verarmt. Um die »verstärkende« Wirkung eines Füllstoffs zu erfassen, wäre es daher vom theoretischen Standpunkt richtiger, die Festigkeit der Mischung nicht auf die Horizontale A—B zu beziehen, sondern die Schräge A—C (vgl. Abb. 149), die der Konzentration der jeweils noch vorhandenen Kautschukmenge entspricht. Eine solche Darstellungsweise wird auch von L. Hock<sup>17</sup> und R. W. Lunn<sup>10</sup> gewählt. Dabei resultiert, daß selbst den »inertesten« der bisher genannten Stoffe, wie der Lithopone und dem Schwerspat, eine gewisse verstärkende Wirkung zukommt, da sie nicht in dem Maße die Festigkeit der Mischung herabsetzen, wie zu erwarten wäre, wenn es sich lediglich um eine »Verdünnung« der Kautschukphase handeln würde. Die Kurven der Widerstandsenergie von Lithopone- und Schwerspattmischungen liegen (im Bereich der betrachteten Konzentrationen) durchweg oberhalb der Geraden A—C. Vom praktischen Standpunkt erscheint es jedoch zweckmäßig, nur dann von einer Verstärkung zu sprechen, wenn die Substitution eines Teiles des Rohkautschuks durch den Füllstoff zu einer tatsächlichen Erhöhung der mechanischen Festigkeit des Erzeugnisses führt.

### e) Die Theorie der Verstärkung durch Füllstoffe

Die Füllstoffe der Mischungen, die »verstärkenden« wie die »verdünnenden«, sind dem Kautschuk gegenüber in chemischer Hinsicht inert. Zwischen ihnen und der Kautschukphase finden beim Einmischen oder Vulkanisieren keinerlei chemische Reaktionen statt<sup>17a</sup>; und es ist notwendig, physikalische Phänomene zur Erklärung der verstärkenden Wirkung heranzuziehen.

**Teilchengröße und Verstärkung.** Schon von D. F. Twiss<sup>18</sup> war die Ansicht vertreten worden, daß mit zunehmender Feinheit des eingemischten Füllstoffs die Festigkeit der Mischung wächst. Die enge Be-

<sup>17</sup> Handb. d. Kautschukw. (Leipzig 1930) S. 559

<sup>17a</sup> Auf gelegentlich stattfindende Reaktionen zwischen den Füllstoffen selbst oder zwischen den letzteren und den Nichtkautschuk-Bestandteilen des Rohgummis werden wir später eingehen (s. S. 246 Fußnote 88)

<sup>18</sup> A. R. of Appl. Chem. 4 (1919) S. 324

ziehung zwischen der Teilchengröße und der verstärkenden Wirkung wurde nun schlüssig durch die Arbeit von Wiegand (loc. cit.) erwiesen. In Tabelle III sind einige seiner Ergebnisse zusammengestellt:

Tabelle III<sup>19</sup>

Grundmischung <sup>19</sup> plus:	Widerstandsenergie, kgm/cm <sup>2</sup>	Unterschied der Zerreiẞarbeit von gefüllter Mischung und Grundmischung %	Erhöhung der Zerreiẞarbeit, auf gleiche Kautschukmenge bezogen, d. h. auf 84 % der Grundmischung %	Mittlere Teilchengröße <sup>20</sup> $\mu$	Oberfläche des Füllstoffs, Quadrat-zoll / Kubik-zoll (rohe Schätzung)
—	3,80	—	—	—	—
20 Vol. Tle. Gasruß	5,40	+42	+69	0,1—0,2	190,5.10 <sup>4</sup>
20 Vol. Tle. Lampenruß	4,05	+6,6	+27	0,2—0,3	152,4.10 <sup>4</sup>
20 Vol. Tle. Eisenoxyd	3,00	—21	+1	0,3—0,4	15,2.10 <sup>4</sup>
20 Vol. Tle. Zinkweiß	4,47	+18	+40	0,3—0,4	15,2.10 <sup>4</sup>
20 Vol. Tle. Kreide	3,46	—9	+8	2—5	6,1.10 <sup>4</sup>
20 Vol. Tle. Kieselgur	3,08	—19	—3	5—10	5,1.10 <sup>4</sup>
20 Vol. Tle. Schwerspat	3,04	—20	—4	5—10	3,0.10 <sup>4</sup>

*Es erweist sich, daß nur Materialien mit Partikeln kolloidaler Dimensionen (Teilchengröße kleiner als 1  $\mu$ ) eine verstärkende Wirkung ausüben. Weder grobdisperse Stoffe, noch andererseits Substanzen, die sich im Kautschuk molekulardispers lösen, vermögen seine Festigkeit zu erhöhen. Innerhalb des kolloiddispersen Gebietes ist jedoch die Erhöhung der Festigkeit um so bedeutender, je feiner der eingemischte Füllstoff ist.*

<sup>19</sup> Spalte 2 und 4 nach einer Umrechnung von L. Hock (loc. cit.). Die Angabe der Oberflächengröße (letzte Spalte) stellt nur eine sehr rohe Schätzung von W. B. Wiegand dar.

<sup>20</sup> Die Frage nach der mittleren Teilchenfeinheit eines Füllstoffes erweckt in Verbindung mit seiner verstärkenden Wirkung lebhaftes Interesse. Eine große Anzahl verschiedener Methoden ist zu ihrer Messung herangezogen worden. Die Schwierigkeiten, denen man dabei begegnet, sind bei feinen Teilchen: ihre teilweise mikroskopische Unauflösbarkeit und bei fast allen Füllstoffen: der Mangel an Uniformität der Partikelgröße eines bestimmten Stoffes, und daher die Notwendigkeit, Mittelwertsrechnungen anzustellen (vgl. hierzu H. Green, J. Franklin Inst. 204 (1927) S. 713). — Betrachtliche Mühe ist speziell auf die Teilchengrößenmessung bei Rußen verwandt worden (vgl. z. B. die Zusammenstellung bei S. D. Gehman und T. C. Morris, An. Ed., Ind. Engng. Chem. 4 (1932) S. 157, und Rubber Chem. Technol. 5 (1932) S. 202). Ohne die genaue Verteilung auf die einzelnen Teilchengrößen (Frequenzkurve) zu kennen, kann man heute als zuverlässigsten häufigsten Mittelwert von Kanalprozeß-Gasruß 0,05—0,06  $\mu$  annehmen. Über Teilchengrößen anderer Rußarten siehe Seite 228 — Zinkweißteilchen haben je nach dem Herstellungsprozeß eine mittlere Teilchengröße zwischen 0,11 und 0,70  $\mu$  (Angaben der New Jersey Zinc Co., nach Methode von Stutz & Pfund, Ind. Engng. Chem. 19 (1927) S. 51) bzw. von 0,076 bis 0,566  $\mu$  nach Angaben von Gehman & Morris (loc. cit. — Auszählmethode). — Die letztgenannten Autoren geben noch folgende Teilchengrößen an: Rotes Eisenoxyd 0,139  $\mu$ , also im Mittel etwas feiner als Zinkweiß, Titanoxyd 0,190  $\mu$ , Blank fixe 0,245  $\mu$ .



Ein Hauptmerkmal kolloider Systeme ist die sehr große Grenzfläche zwischen der dispersen Phase und dem Dispersionsmittel. Es drängt sich daher der Gedanke auf, die große Oberflächenentfaltung der Füllstoffe — die, wie Tabelle III zeigt, bei dem Ruß bis zu  $200 \text{ m}^2 \text{ pro cm}^3$  sein kann — und die in der Grenzfläche zwischen Kautschuk und Füllstoff wirkenden Kräfte mit dem Phänomen der Verstärkung in Zusammenhang zu bringen.

Die Erklärung der Erscheinung wäre dann die folgende: Die Erzeugung einer solchen Grenzfläche erfordert Arbeit, die u. a. gegen die Oberflächenspannung des Kautschuks (d. h. sein natürliches Bestreben, seine Oberfläche zu verkleinern) geleistet werden muß. Ein Teil dieser Arbeit wird in Form von (reversibler) freier Grenzflächenenergie gespeichert. Beim Zerreißen der verstärkten Mischung muß umgekehrt die Grenzflächengemeinschaft von Kautschuk und Füllstoff aufgehoben und dabei zusätzliche mechanische Arbeit geleistet werden.

Ohne sich ein anschauliches Bild von dem Mechanismus zu machen, durch den die Reißfestigkeit in so markanter Weise durch »aktive« Füllstoffe vergrößert wird, erklärt sich so auf thermodynamischem Wege die Erhöhung der Widerstandsenergie durch feinverteilte, im Kautschuk dispergierte Stoffe.<sup>21</sup>

**Abweichungen von der Gesetzmäßigkeit.** Allerdings scheint der Fall in der Praxis nicht so einfach zu liegen. Schon die wenigen, in Tabelle III vereinigten Beispiele lehren, daß die Oberflächenentfaltung des Füllstoffs allein — jedenfalls so wie wir sie heute auf Grund mikroskopisch bestimmter Teilchengrößen errechnen — dazu nicht ausreicht, um in allen Fällen die verstärkende Wirkung eines Füllstoffs zu bestimmen. So verstärkt Zinkweiß z. B. wesentlich besser, als es ihm seiner Teilchengröße nach zukäme, während dagegen Eisenoxyd und Lithopone (Tabelle III und Abb. 148), Füllstoffe von etwa der gleichen Feinheit wie das Zinkweiß, weit hinter den Erwartungen zurückbleiben. Eine noch markantere Abweichung von der Gesetzmäßigkeit werden wir bei den Rußen kennenlernen, wo der feinste der auf dem Markt befindlichen Ruße (Super Spectra Black), mit einer mittleren Teilchengröße von nur etwa  $0,025 \mu$ , nur einen Bruchteil der verstärkenden Wirkung im gewöhnlichem Kanalprozeß-Gasruß aufweist, dessen Teilchen im Mittel  $0,06 \mu$  betragen. Ferner verstärkten Füllstoffe wie Magnesiumkarbonat oder Kaolin, deren

<sup>21</sup> Es gibt zahlreiche Beweise dafür, daß es sich bei der Verstärkung durch feinverteilte Füllstoffe um eine Grenzflächenerscheinung handeln muß. Wohl den direktesten von ihnen haben L. Hock und seine Schüler<sup>17</sup> erbracht. Sie ließen eine aus Kautschuk und verstärkendem Füllstoff (Zinkweiß, Gasruß) bestehende rohe Mischung in Benzin quellen und verfolgten die dabei auftretende Wärmetönung. Der beobachtete Wärmeeffekt müßte sich zusammensetzen aus der Quellungswärme des Kautschuks und aus der Benetzungswärme des Füllstoffs durch das Benzin, sofern nicht zur bei der Quellung des Kautschuks eintretenden Aufhebung der Adhäsionskräfte zwischen Kautschuk und Füllstoff Energie verbraucht werden würde, was sich in einer zusätzlichen negativen Wärmetönung äußern müßte. — Praktische Messungen ergaben nun, daß tatsächlich eine solche zusätzliche Trennungenergie verbraucht wird.

Teilchen nicht kugelförmig, sondern nadel- oder plättchenartig (anisotrop) sind, bei kleinen Konzentrationen stärker als isotrope Stoffe gleicher mittlerer Teilchengröße usw.

Selbst also, wenn die Teilchenfeinheit die Ursache der verstärkenden Wirkung gewisser Füllstoffe ist, kann diese Erscheinung offenbar durch andere Einflüsse vollständig maskiert sein.

Analysiert man die Voraussetzungen, unter denen einer bestimmten Teilchengröße auch eine bestimmte verstärkende Wirkung zugeordnet sein muß, so findet man, daß ihre Zahl nicht gering ist.

1. Muß der Füllstoff vollständig verteilt und seine Partikel einzeln in dem Gummi eingebettet sein.
2. Muß die gesamte so entfaltete Oberfläche zu einer Grenzfläche Kautschuk-Füllstoff geworden sein (oder, da dieser Vorgang den Charakter einer Adsorption hat, muß der Kautschuk, wie man sagt, den Füllstoff »benetzen«).
3. Müssen die Grenzflächenkräfte zwischen Kautschuk und Füllstoff — ungeachtet der chemischen Natur des letzteren — stets die gleiche Intensität haben, so daß einem Quadratcentimeter benetzter Füllstoffoberfläche in allen Fällen die gleiche Erhöhung des Energieinhalts des Systems entspricht. Hierzu gehört auch die Frage nach dem Charakter der Füllstoffoberfläche, die stets eine Unsicherheit in die Bestimmung der Oberflächengröße hineinträgt.<sup>22</sup>

**Dispersion und Benetzung.** Von der Erfüllung dieser Voraussetzungen sind wir in der Praxis oft sehr weit entfernt.

Schon bei mäßigen Konzentrationen sind Füllstoffe nicht mehr ideal in der Mischung verteilt und jedes einzelne Teilchen von dem anderen durch eine Kautschukhaut getrennt. Die Schwierigkeit der Dispersion wächst noch, wenn man zu höheren Konzentrationen übergeht. Wie Abbildung 150 zeigt (nach R. W. L u n n <sup>23</sup>), trägt jedes weitere zugemischte Volumen eines Pigmentes weniger zur Widerstandsenergie des Kautschuks bei als jedes vorhergehende. Bei hohen Konzentrationen geht die Verstärkung asymptotisch nach Null. Auch die kalorimetrischen Messun-

<sup>22</sup> Namentlich in Verbindung mit dem Gasruß ist von Spear (I.R.W. 71 (1924/25) S. 18) und später von Schidrowitz (Trans. I.R.I. 2 (1926/27) S. 89) die Ansicht ausgesprochen worden, daß seine Teilchen nicht glatte, sondern »stark gewellte« Oberfläche haben müssen. Ihre Oberfläche sei demnach größer als die aus dem Durchmesser unter Annahme kugeliger Gestalt berechnete. Diese Annahme wird plausibler, wenn man sich vergegenwärtigt, daß neueste röntgenographische und Elektronenbeugungs-Untersuchungen (U. Hofmann u. D. Wilm, Ztschr. physik. Chem. B 18 (1932) S. 401 sowie Trendelenburg) erwiesen haben, daß die Teilchen der »aktiven« Kohlenstoffe und Ruße polykristallin sind, d. h. Konglomerate aus einer großen Zahl sehr viel kleinerer Kriställchen darstellen. — Ein anderer Füllstoff, bei dem die Oberflächenbeschaffenheit diskutiert worden ist, ist die Diatomeenerde (Tripoli), die, wie H. Endres (loc. cit. S. 221) zeigte, zellenartige Struktur hat.

<sup>23</sup> loc. cit. Fußnote 16. Die Verstärkung ist (vgl. S. 216) auf den jeweiligen Kautschukgehalt der Mischung bezogen und auf die Volumeneinheit des zugemischten Füllstoffs umgerechnet.



gen von L. H o c k und seinen Schülern (loc. cit.) beweisen, daß Ruß und Zinkweiß selbst bei so mäßigen Konzentrationen wie 8 bis 10 Volumprozent in keiner Weise mehr ideal dispergiert und vollständig benetzt sind. Die Abweichung von der Gesetzmäßigkeit ist für die einzelnen Ingredienzien verschieden groß.

Die rapide Verschlechterung der Dispersion, das Entstehen trockener Zusammenballungen, in denen die Teilchen durch Kautschuk nicht verbunden sind, und die daher keine mechanische Festigkeit haben, ist auch die Ursache für den merkwürdigen Charakter der Kurven der Widerstandsenergie als Funktion der Füllstoffkonzentration (vgl. Abbildung 148). Statt, daß mit zunehmendem Gehalt an dem verstärkenden Füllstoff diese Kurven monoton ansteigen, und dies solange tun, bis eine

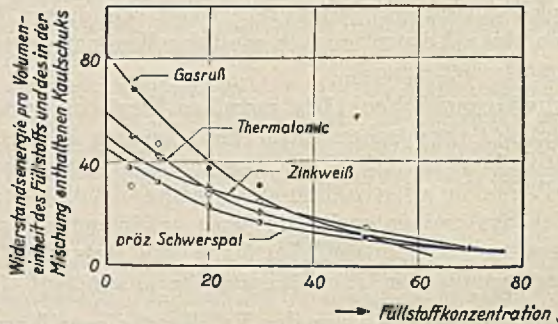


Abb. 150. Mit steigender Konzentration fällt die spezifische verstärkende Wirkung eines Füllstoffs (nach Lunn)

durch geometrische Bedingungen gegebene Sättigung der Kautschuksubstanz durch den Füllstoff eingetreten ist<sup>24</sup>, krümmen sich die Kurven der Widerstandsenergie sehr bald gegen die Konzentrationsachse, um nach Erreichung eines Maximums, das je nach Füllstoff zwischen 5 und 30 Volumina auf 100 Gummi liegt, wieder abzusinken.

Wenn sie nicht ideal dispergiert sind, können die Füllstoffteilchen entweder in agglomeriertem oder in flockuliertem Zustande vorliegen. Im ersten Falle stehen die Teilchen ausschließlich in trockenem Kontakt miteinander, und — gleichgültig, ob sie hart und zusammengebacken sind und nach außen hin als ein grobes Teilchen agieren, oder ob sie keinen Zusammenhang haben und beim Zug aufbrechen — tragen sie nichts zur Festigkeit des Systems bei. Häufiger sind die Teilchen nur »flockuliert«. D. h. sie sind teilweise benetzt und — einer Art Koagulation entsprechend — zusammengeballt. Solche Flockulationen erhöhen die Festigkeit nicht in dem gleichen Maße wie dispergierte Füllstoffe. Sie geben jedoch (wie z. B. H. A. Depew, Rubber Age, N. Y., 24 (1929) S. 378 ausführt) der Mischung Härte und Steifheit.

<sup>24</sup> Dies wäre dann der Fall, wenn der Füllstoff die Kautschukmasse mit einem dreidimensionalen dichten Netz ausfüllt. Unter der Annahme kugelförmiger Füllstoffteilchen und eines nur 3 Moleküllagen betragenden Zwischenraums zwischen den einzelnen Kugeln, ergibt sich bei kubischer Packung eine Sättigung bei rund 95 Vol. auf 100 Vol. Kautschuk; bei Annahme tetraedrischer dichtester Kugelpackung bei rund 220 Vol. Füllstoff auf 100 Vol. Kautschuk.

Die Neigung der verschiedenen Mischungsstoffe zum Agglomerieren oder zum Flockulieren ist ungleich groß. Sie ist z. B. bei den durch Fällung erzeugten Chemikalien (wie Goldschwefel, Eisenoxyd usw.) größer als bei den durch Sublimation oder Verbrennung hergestellten (wie Gasruß oder Zinkweiß).<sup>25</sup>

Es fällt ferner auf, daß Füllstoffe mit anisotropen Teilchen Kurven der Widerstandsenergie liefern, die (vgl. Abb. 148) steiler ansteigen, eher ihr Maximum erreichen, aber auch früher wieder durch die Niveaulinie gehen als die Kurven der isotropen. Typische Beispiele solcher Stoffe sind leichtes Magnesiumkarbonat und Kaolin. Das schnellere Ansteigen der Kurve wird plausibel, wenn man bedenkt, daß bei gleicher Feinheit ein anisotropes Teilchen eine größere Oberfläche im Verhältnis zu seinem Volumen besitzt als ein isotropes, und daher bei einer gegebenen Volumenkonzentration eine größere Gesamtoberfläche entwickelt. Der steilere Abstieg der Kurve erklärt sich hinwieder daraus, daß anisotrope Teilchen schwerer zu einer regelmäßigen Packung angeordnet werden können als z. B. kugelförmige und daher offenbar größere Neigung zum Flockulieren haben.

Andere Erklärungen dieser Erscheinung geben W. W. Vogt und R. D. Evans<sup>26</sup> sowie F. Boiry.<sup>27</sup>

**Stärke der Oberflächenbindung.** Die Frage, ob ein Quadratcentimeter dispergierter und durch Gummi benetzter Füllstoffoberfläche in jedem Falle den gleichen Energiebeitrag zum System bedeutet, ist nicht einfach zu entscheiden. Versuche, die ein Licht auf die Stärke der Oberflächenbindung werfen sollten, wurden von H. F. Schippel<sup>28</sup> unternommen, der die Volumenzunahme maß, die eine Kautschukmischung beim Dehnen erfährt. Wenn eine füllstoffhaltige Kautschukprobe gedehnt wird, ist in den meisten Fällen eine derartige Volumenvergrößerung zu beobachten. Schippel nahm an, daß beim Dehnen die Kautschukmatrix sich von den Füllstoffpartikeln ablöst, und daß sich in Richtung des Zuges nach beiden Seiten luftleere Räume, doppelkegelförmige *Vacoulen*, um die Teilchen ausbilden. Die Richtigkeit dieser Annahme konnten später H. Green<sup>29</sup> und H. A. Endres<sup>30</sup> durch Beobachtungen unter dem Mikroskop erweisen. In Abb. 151 ist die Mikroaufnahme einer gedehnten Mischung gezeigt, die Schwerspat enthält.

Die Messungen von Schippel ergaben, daß, je feiner der Füllstoff ist, desto geringer die Volumenvergrößerung, die die Mischung beim

<sup>25</sup> Es ist von Endres (loc. cit. Fußnote 30) die Ansicht ausgesprochen worden, daß eine adsorbierte Gasschicht stets auf der Oberfläche der durch Verbrennung hergestellten Füllstoffe vorhanden ist, die ihrer Zusammenballung im trockenen Zustande entgegenwirkt. — Wie jedoch Schoenfeld und Allen (loc. cit. Fußnote 270) neuerdings zeigten, läßt sich ein entgaster Ruß schneller und vollständiger in den Kautschuk einmischen als ein unbehandelter.

<sup>26</sup> Ind. Engng. Chem. 15 (1923) S. 1015

<sup>27</sup> Rev. Gen. Caoutch. 8 (1931) S. 108

<sup>28</sup> Ind. Engng. Chem. 12 (1920) S. 33

<sup>29</sup> Ind. Engng. Chem. 13 (1921) S. 1029

<sup>30</sup> Ind. Engng. Chem. 16 (1924) S. 1148



Dehnen erfährt. Nur Zinkweiß und Bleiglätte machten eine Ausnahme, indem sie geringere Volumenvergrößerung zeigten, als auf Grund ihrer Teilchengröße zu erwarten wäre. Bis zu 30 Volumprozent Ladung und bei Dehnung bis an die Bruchgrenze war bei der Zinkweißmischung die Volumenvergrößerung praktisch gleich Null. Jedoch ist auf Grund dieser Versuche nicht zu entscheiden, ob diese beiden Pigmente nur vollkommener durch Gummi benetzt werden, oder ob bei ihnen die Oberflächenbindung eine stärkere ist. Beide Füllstoffe unterliegen bekanntlich in der Vulkanisation gewissen Veränderungen, indem sie mit Nichtkautschukbestandteilen, mit Fettsäuren und mit Beschleunigern Reaktionen eingehen.

Kalorimetrische Versuche, die prinzipiell die Frage nach der Stärke der Oberflächenbindung entscheiden könnten, haben bis jetzt zu keinem eindeutigen Resultat geführt.

Es erweist sich somit, daß die teilweise sehr bedeutenden Abweichungen von dem gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Teilchengröße und verstärkender Wirkung auf verschiedene Weise ihre Erklärung finden. Bei Stoffen wie Zinkweiß ist es offenbar die leichte Benetzbarkeit durch Kautschuk, die ihre hohe verstärkende Wirkung verursacht. Bei Ingredienzien wie Lithopone und Eisenoxyd ist es auf der anderen Seite ihre Neigung zum Agglomerieren, die sie trotz ihrer Teilchenfeinheit zu inerten Ingredienzien in Kautschukmischungen macht.



Abb. 151. Schippel-Effekt bei Schwerspat

Es wird so das große Interesse verständlich, das die Kautschukindustrie an den Agenzien haben kann, die die Dispersion und die Benetzung eines Füllstoffs zu verbessern vermögen. Als solche Stoffe erweisen sich, wenn in geeigneter geringer Konzentration zugesetzt, die Erweichungsmittel.<sup>35</sup>

Nach einer Anschauung von John T. Blake<sup>36</sup> geht die Rolle der Erweichungsmittel noch weiter. Blake nimmt an, daß beim Benetzen z. B. die Gasrußteilchen durch eine monomolekulare Schicht palisadenartig ausgerichteter Moleküle des Erweichungsmittels (z. B. der Stearinsäure) festgekettet werden. Und zwar derart, daß die Karboxylgruppe fest an dem Rußteilchen haftet, während die lange Kohlenwasserstoffkette in dem Gummi gelöst bleibt. Die Rolle des Bindemittels können auch die natürlichen Nichtkautschukbestandteile spielen.

Die originelle Idee ist von verschiedener Seite angegriffen worden. So zeigte D. Parkinson<sup>31</sup>, daß es möglich ist, 50 Gewichtsteile Gasruß in 100 Teile extrahierten Kautschuk einzumischen und mühelos darin zu verteilen. Auch F. H. Cotton<sup>37</sup> wies auf einige Unzulänglichkeiten der Blakeschen Anschauung hin.

Eine starke Stütze haben jedoch die Gedankengänge von Blake durch die kürzlich veröffentlichten Arbeiten von E. Vellinger<sup>38</sup> erfahren, der es

<sup>35</sup> Siehe S. 277 (Erweichungsmittel)

<sup>36</sup> Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 1084

<sup>37</sup> Trans. I.R.I. 6 (1930) S. 252

<sup>38</sup> C. R. 195 (1932) S. 788, 1010

unternahm, die Grenzflächenaktivität einerseits des acetoneextrahierten Kautschuks, andererseits des Acetonextraktes nach der Tensimetermethode von Lecomte du Nouy zu messen.

Die Oberflächenaktivität des acetoneextrahierten Kautschuks erwies sich als außerordentlich gering. Im Gegensatz dazu zeigte sich der Acetonextrakt als außerordentlich aktiv. Die Anwesenheit von 1 mg extrahierter Harze in 100 ccm Benzol macht sich schon bemerkbar. Die Grenzflächenspannung einer benzolischen Harzlösung gegen einen Elektrolyten fällt mit steigendem Harzgehalt rasch und nähert sich bei einer Konzentration von 1 % des Harzes dem Wert Null. Eine ähnliche aktive Wirkung haben die Oxydationsprodukte des Kautschukkohlenwasserstoffes.

Die Rolle der Harze bei der Verstärkung durch Füllstoffe wird noch dadurch unterstrichen, daß die Erstgenannten nicht nur sehr aktiv gegenüber Kautschuk, sondern auch gegenüber den Füllstoffen selbst sind. Sie werden von beiden Substanzen etwa in dem gleichen Maße adsorbiert.

Es erhärtet sich somit die Ansicht, daß den zugesetzten oder natürlichen Fettsäuren, wie den anderen verseifbaren Bestandteilen des Rohgummis eine doppelte Rolle bei der Dispersion der Füllstoffe zukommt. Einmal sollen sie die Oberflächenspannung des Kautschuks herabsetzen und die Verteilung des Füllstoffs erleichtern. Sodann sollen sie den Kautschukkohlenwasserstoff aktivieren und eine Grenzflächengemeinschaft hervorbringen zwischen dem aktiven Füllstoff auf der einen Seite und dem nur sehr wenig aktiven Kautschukkohlenwasserstoff auf der anderen.

**Der Mechanismus der Verstärkung.** Die Speicherung freier Grenzflächenenergie beim Einmischen feinverteilter Füllstoffe kann rein thermodynamisch die Erhöhung der Zerreißarbeit einer Mischung erklären. Ein anschauliches Bild von dem Mechanismus der Verstärkung vermittelt diese Auffassung nicht.

Einen ersten Versuch nach dieser Richtung unternahm Spear.<sup>39</sup> Er nahm an, daß sich beim Einmischen eines feindispersen Stoffes dünne Kautschukfilme ausbilden, die sich — infolge Orientierung der Kautschukmoleküle oder aus anderen Ursachen — durch hohe Festigkeit auszeichnen. Je feiner der einverleibte Füllstoff ist, desto größer sollte die Ausbildung der dünnen festen Filme sein.

Eine durch ihre Einfachheit zunächst bestechende Anschauung von der verstärkenden Wirkung gab John T. Blake.<sup>40</sup> Er postulierte, daß ein verstärkender Füllstoff ein solcher ist, der mit dem Kautschuk eine Oberflächenbindung eingeht, die fester ist als der Zusammenhalt der Kautschukmatrix selbst. Die Anwesenheit einer großen Anzahl in der Kautschukmasse so verankerter Festkörper verringert die Verformbarkeit der Kautschukprobe, und so kommt es nach Blake, daß einer bestimmten Zugkraft bei einer verstärkten Mischung eine geringere Verformung entspricht als bei der nicht verstärkten. Auch im Moment des Bruches wird die Bruchlast von einem größeren Querschnitt getragen, als es beim Zubruchgehen der füllstofffreien Mischung der Fall ist. — Wie erwähnt, soll der Zusammenhalt der Kautschukmatrix schwächer sein als die Oberflächenbindung zwischen dem Füllstoff und dem Gummi. Der gesamte Reißweg verläuft daher in dem Kautschukfilm zwischen den Teilchen. Es lag somit die Vermutung nahe, daß — gleichgültig wie die Menge des eingemischten verstärkenden Füllstoffs auch sein möge — die aus dem Probequerschnitt im Moment des Bruches berechnete Reißfestigkeit einen konstanten Wert haben müsse. Diese sogenannte »molekulare Zugfestigkeit der Matrix« ist für den Fall der Zumischung von Gasruß in Abb. 152 aufgetragen. Gleichzeitig ist die gewöhnliche Reißfestigkeit der Mischung (untere Kurve) als Funktion ihres Volumengehaltes an Ruß dargestellt. — Man ersieht daraus, daß bis zu einer Volumenladung von etwa 30% die »molekulare Zugfestigkeit« konstant ist und derjenigen der füllstofffreien Mischung gleich. Bei höheren Konzentrationen setzt, wie Blake annimmt,

<sup>39</sup> Ind. Rubber Review (Akron) (Juni 1924)

<sup>40</sup> loc. cit. Fußnote 36



Agglomeration ein, und die vollständige Benetzung durch Gummi hört auf. Der Bruch findet nicht mehr ausschließlich in der Kautschukmatrix statt, sondern teilweise in der Grenzfläche zwischen Kautschuk und Füllstoff oder auch zwischen den agglomerierten Partikeln.

Gegen die Blakesche Theorie sind eine ganze Reihe von Einwendungen zu machen.<sup>41</sup> In Abb. 152 sind noch zwei weitere Kurven aufgetragen, die die

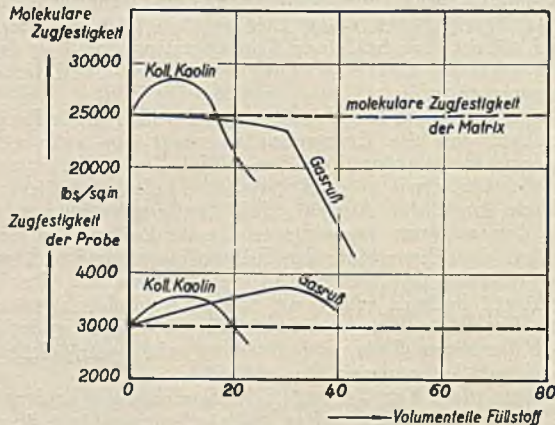


Abb. 152. Zur Theorie von J. T. Blake

Reißfestigkeit bzw. die »molekulare Zugfestigkeit« einer Mischung mit steigenden Mengen kolloidalen Kaolins zeigen. Man sieht, daß beim Kaolin die molekulare Zugfestigkeit weit über die der füllstofffreien Mischung hinausgeht, daß also offenbar eine tatsächliche Verfestigung der Kautschukmatrix selbst durch diesen Stoff stattfinden muß.

### 3. Die Festigkeitseigenschaften

#### a) Zug-Dehnungs-Charakteristik

Im vorigen Abschnitt war der Versuch unternommen worden, die Veränderungen der Zug-Dehnungs-Charakteristik des vulkanisierten Kautschuks durch zugegebene Füllstoffe zu beschreiben, und die Natur dieser Veränderungen mit den physikalischen Eigenschaften des eingemischten Stoffes in Zusammenhang zu bringen. Zusammenfassend muß auf Grund der heute herrschenden Anschauungen gesagt werden, daß drei Faktoren die Festigkeit des resultierenden Systems bestimmen:

1. Das Ausmaß der Grenzfläche zwischen Gummi und Pigment.
2. Die Vollkommenheit der »Benetzung« des Füllstoffs durch den Kautschuk, d. h. die Stärke der Bindung in ihrer Grenzfläche.
3. Die Festigkeit der Kautschukmatrix selbst.

Durch die Einverleibung eines feinverteilten Pigments und seine homogene Dispersion im Kautschuk vergrößert sich die freie Oberflächenenergie des Systems und somit seine mechanische Festigkeit. Gewisse andere Zusätze, ebenso wie die mit der Herstellung des Gegenstandes verbundenen Operationen (Mastikation, Vulkanisation) oder die Alterung ver-

<sup>41</sup> Vgl. z. B. F. H. Cotton, loc. cit. S. 222

ändern schließlich den Aggregationsgrad der Matrix, teilweise sie schwächend, teilweise verfestigend.

Praktisch jedes Material hat man in den verflossenen 100 Jahren des Bestehens der Kautschukindustrie in den Gummi einzumischen versucht. Nur eine geringe Anzahl von Standardstoffen ist aber heute allgemein im Gebrauch. Die genaue Kenntnis des Verhaltens dieser Stoffe ist daher von hohem praktischen Interesse.

Der Einheitlichkeit halber sollen von den zahlreichen Arbeiten, die sich mit den Festigkeitseigenschaften des Systems Kautschuk-Füllstoffe befassen, hier nur einige wenige berücksichtigt werden, die in ihren Ergebnissen von prinzipieller Bedeutung scheinen, und die eine möglichst vielseitige Beleuchtung des Problems vornahmen.<sup>42</sup>

In Abb. 147 und 148 waren zunächst nach Versuchen von Greider<sup>43</sup> Reißfestigkeit und Widerstandsenergie von Mischungen aufgetragen worden, die steigende Mengen (bis zu 30 Volumenteil auf 100 Teile Kautschuk) der gebräuchlichsten Füllstoffe enthielten (Kanalprozeß-Gasruß, leichtes Magnesiumkarbonat, Kaolin, Zinkweiß, Lithopone und Schwerspat).

Wie schon auf Seite 215 dargelegt, haben der Ruß, das Zinkweiß, das Magnesiumkarbonat und das Kaolin eine »verstärkende Wirkung«, d. h. sie sind, in geeigneter Konzentration zugesetzt, in der Lage, die Reißfestigkeit und das Energiespeichungsvermögen der Kautschukprobe nicht unbeträchtlich zu erhöhen. Als Reihenfolge der Wirksamkeit ergibt sich in diesem Falle: Ruß > Magnesiumkarbonat > Kaolin > Zinkweiß. Stoffe hingegen wie Lithopone und Schwerspat besitzen diese Fähigkeit nicht.

Weder jedoch die hier gegebene Reihenfolge, noch die in Tabelle IV aufgeführte Konzentration der maximalen Verstärkung sind von absoluter Gültigkeit. Sie hängen ab von der Art des Rohgummis<sup>44</sup>, von der Anwesenheit von Erweichungsmitteln, von der Art der Grundmischung und sehr wesentlich von der Güte (Feinheit) des benutzten Füllstoffes.<sup>45</sup>

<sup>42</sup> Denn selbst dann, wenn die verschiedenen Forscher an analogen Stoffen mit ähnlichen Methoden ihre Experimente ausführten, sind die geförderten Ergebnisse nur bedingt miteinander vergleichbar. Neben dem Einfluß der Meßtechnik (s. z. B. Fußnote 5 S. 211) ist auf das Resultat von ausschlaggebender Bedeutung die Art der verwandten Mischung, die Wahl und Dosierung des Schwefels und Beschleunigers, die Vulkanisation usw.

<sup>43</sup> Ind. Engng. Chem. 15 (1923) S. 504. Die Grundmischung bestand aus: 50 Gew.-Tln. smoked Sheets, 50 Tln. hellen Crepe, 5,0 Zinkweiß, 5,0 Schwefel und 1,0 Hexamethylentetramin.

<sup>44</sup> Es sei hier bemerkt, daß die verstärkende Wirkung aktiver Füllstoffe sich nicht auf Rohgummi beschränkt. Auf Regenerat (Whole Tire Reclaim mit 57% Kautschukkohlenwasserstoffgehalt) hat im wesentlichen nur Gasruß und kolloidales Zinkweiß einen verstärkenden Effekt. (H. A. Winkelmann und E. G. Croakman, Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 134). Die Verstärkung des synthetischen Kautschuks, und zwar durch alle bekannten Füllstoffe — selbst die inaktiven (inerten) — ist sehr beträchtlich (vgl. z. B. Whitby und M. Katz (Rub. Chem. Technol. 5 (1932) S. 566) oder Ermolajeff und Bobrowa, Journ. Rub. Ind. 9 (Moskau 1933) S. 121) und bildet die Grundlage seiner technischen Verwendung.

<sup>45</sup> Die von Greider benutzten Stoffe sind Handelsprodukte (für die Gummi-Industrie) mittlerer Feinheit.



Sie sind sodann abhängig von der Anwesenheit anderer Füllstoffe in der Mischung.

Tabelle IV

Material	Volumenprozent der maximalen Verstärkung			
	aus Reißfestigkeit (Greider S. 213/214)	aus Widerstandsenergie	Aus Abnutzungswiderstand (Abb. 170)	Angaben anderer Autoren
Gasruß	20	16	22	25
Zinkweiß	10	15	12	10
Magnesiumkarbonat	8	9	7	—
Kaolin	10	9	9	11
Kreide				15

Jedoch nicht nur die Größe der verstärkenden Wirkung eines Füllstoffes und die Konzentration, bei der sie ihr Maximum erreicht, interessieren den Praktiker. Es ist für ihn vielmehr der gesamte Verlauf der Widerstandsenergie-Funktion von Belang. Nicht immer gestatten es nämlich die technischen Bedingungen, einen Füllstoff bei seiner optimalen Konzentration zu verwenden. Oft wird von der Mischung eine gewisse Steifheit verlangt, die (siehe S. 242) nur durch einen sehr viel größeren Zusatz des Füllstoffes erreicht werden kann. In anderen Fällen muß man aus wirtschaftlichen Gründen über die optimale Konzentration hinausgehen. In solchen Fällen ist es nun wichtig, zu wissen, wie weit man mit der Zumischung gehen kann, ohne die Festigkeitseigenschaften wesentlich zu vermindern. Man sieht, daß bei Gasruß bei rund 35 Volumenteilen auf 100 Teile Kautschuk die Widerstandsenergie wieder auf den Wert der Basismischung abgesunken ist. Für Zinkweiß ist die entsprechende Zahl etwa 30 Volumenteile, für Magnesiumkarbonat und Kaolin etwa 18 bis 20 Volumenteile. Wie auf Seite 221 bereits dargelegt, steigt in der Regel die Kurve bei anisotropen Füllstoffen (Kaolin, Magnesia) steiler an als bei den isotropen, erreicht früher ihr Maximum, um dann auch wieder steiler abzufallen. Auch diese Zahlenangaben haben nur orientierenden Wert.

**Wirtschaftlichkeit eines Füllstoffzusatzes.** Auf diese Art der Betrachtung der Füllstoffwirkung kann sich jedoch der Praktiker nicht beschränken. Ein treibender Faktor im Mischwesen ist der Preis, und wenn z. B. mit Hilfe eines Pigmentzusatzes eine bestimmte Verbesserung der mechanischen Eigenschaften erreicht worden ist, so muß man auch wissen, wie teuer sie erkaufte wurde.

Wegen der Veränderlichkeit der Notierungen für Rohgummi und Chemikalien lassen sich keine festen Angaben über die Wirtschaftlichkeit eines Füllstoffzusatzes machen. Lediglich um ein anschauliches Beispiel zu geben, ist in Abb. 153 auf Grund der Preisnotierungen<sup>47</sup> die Widerstandsenergie einer Mischung (Abb. 148) als Funktion ihrer relativen Volumenkosten aufgetragen worden.<sup>47a</sup> Die Kosten der Grundmischung

<sup>47</sup> Bei der Berechnung der Abb. 153 wurden die folgenden Preise zugrundegelegt (in Dollarcent per Liter-Volumen): Gummi 15,5; Zinkweiß 73; Lithopone 42; Magnesiumkarbonat 29; Gasruß 11; Schwerspat 11; Kaolin (Dixie Clay) 6,6; Schwefel 9.

<sup>47a</sup> Da die Hauptmenge der Gummiwaren nach Stück und nicht nach Gewicht verkauft wird, ist in der Praxis der Volumpreis maßgebend.

wurden hierbei = 100 gesetzt. Die beiden Linien a und b teilen das Feld der Abb. 153 in vier Quadranten. Links oben sind die Füllstoffe und Konzentrationen, die die Mischung verbilligen und gleichzeitig verbessern (Gasruß, Kaolin). Die Füllstoffe im rechten oberen Quadranten verbessern die Mischung zwar auch, sie verteuern sie aber gleichzeitig (Magnesiumkarbonat, Zinkweiß). Die Füllstoffe oder Konzentrationen in den unteren Quadranten verringern die Festigkeit der Mischung unter

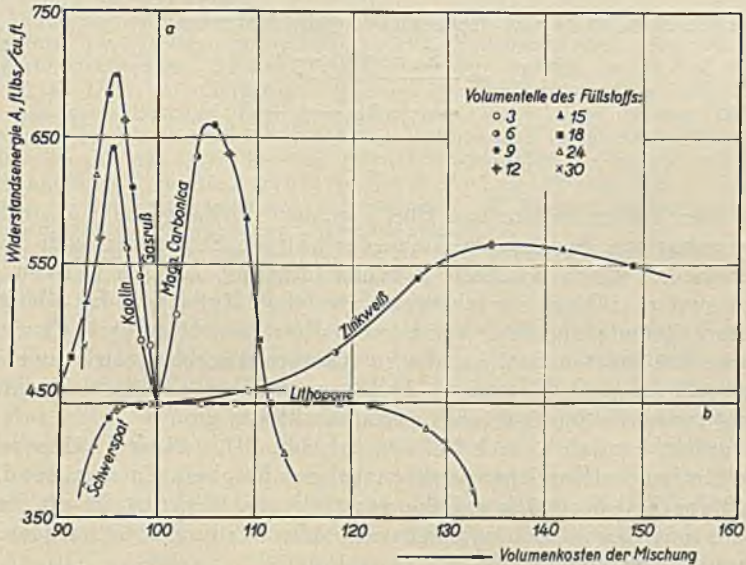


Abb. 153. Widerstandsenergie von Kautschukmischungen als Funktion ihres Volumenpreises

Die Zeichen längs der Kurven geben (○, ●, × . . .) die Volumkonzentration des Füllstoffs an der betreffenden Stelle der Kurve an. (Vergl. Schlüssel in der oberen rechten Ecke des Kurvenbildes); ⊙ . . . bezeichnet die Grundmischung

diejenige der Basis. Ihre Verwendung kann daneben entweder eine Verbilligung bedeuten (Schwerspat) oder auch eine Verteuerung (Lithopone, Magnesiumkarbonat in Konzentration über 20 Volumina auf 100 Gummi). Eine Mischung mit der Widerstandsenergie von 550 Fußpfund/Kubikfuß kann z. B. entweder durch Zusatz von 27 bis 28 Volumen Gasruß oder von etwa 10 Volumen Zinkweiß erzielt werden. Das Verhältnis des Volumenpreises der Gasruß- zur Zinkweißmischung ist jedoch 92,5 : 128.

Die Veränderung der Volumenkosten beim Ersatz eines Füllstoffes durch einen anderen läßt sich mit Hilfe einfacher Formeln berechnen.<sup>48</sup> Nehmen wir den einfachen Fall an, daß a kg eines Stoffes N durch b kg eines anderen Stoffes X ersetzt werden. Die Kosten eines Kilogramms des Füllstoffes sollen hierbei  $k_n$  bzw.  $k_x$  sein, die Kosten eines Liters des

<sup>48</sup> Siehe W. B. Wiegand und H. A. Brändle, Kautschuk 3 (1927) S. 204, wo sich eine Reihe anschaulicher Zahlenbeispiele und ein nützliches Nogramm findet.



Füllstoffs  $l_n$  bzw.  $l_x$  und das spezifische Gewicht der Materialien  $g_n$  bzw.  $g_x$ . Kostete die ursprüngliche Mischung  $K_0$  pro Kilogramm und war ihr spezifisches Gewicht  $G_0$ , so ist der Volumenpreis der entstehenden Mischung

$$L_2 = \frac{K_0 - ak_n + bk_x}{\frac{1}{G_0} - \frac{a}{g_n} + \frac{b}{g_x}}$$

Ist  $a$  gleich  $b$ , so nimmt die Gleichung die Form an:

$$L_2 = \frac{K_0 - a(k_n - k_x)}{\frac{1}{G_0} + a\left(\frac{1}{g_x} + \frac{1}{g_n}\right)}$$

\* \* \*

Das hier bisher entworfene Bild von der Wirkung der Füllstoffe ist sehr summarisch. Sowohl die Reihe der aktiven Stoffe, als auch die der inerten bedarf einer weiteren Vervollständigung. Zu den aktiven Füllstoffen sind zu zählen: verschiedene »weiche« Rußarten, das Blanc fixe die Titanpigmente und eine Reihe feiner Kieselsäureformen.<sup>49</sup> Zu den inaktiven oder inerten Stoffen, die in Kautschukmischungen Anwendung finden, gehören noch Eisenoxyd, Talkum usw. Kreide nimmt eine Mittelstellung zwischen den inaktiven und den aktiven ein.

Außerdem handelt es sich bei den in Abb. 147, 148 und 153 beschriebenen Stoffen um Handelsprodukte mittlerer Feinheit. Entsprechend dem Einfluß der Teilchengröße auf die verstärkende Wirkung, ist die Festigkeit der mit den einzelnen Zinkweiß- oder Kaolinsorten hergestellten Mischungen verschieden.

**Die Ruße.** Die einzelnen auf dem Markt befindlichen Rußarten unterscheiden sich nicht unwesentlich voneinander: Sie lassen sich einteilen in:

1. Sogenannte aktive Gasruße für die Gummi-Industrie, die vorzugsweise im »Kanalprozeß« durch freie Verbrennung von Naturgas unter ungenügender Luftzufuhr gewonnen werden, indem man die leuchtende Flamme gegen eine relativ kühle Fläche richtet. Als Vertreter dieser Rußsorten seien genannt: Micronex, Arrow, Cabot u. a. Diese Ruße sind die feinsten der in Kautschukmischungen verwandten Materialien. Die Teilchengröße von Micronex dürfte im Mittel in der Größenordnung von  $0,06 \mu$  liegen (s. S. 217). Die Kanalprozeß-Gasruße werden auch in kompakter Form geliefert, wodurch die Stäuben beim Einmischen verringert wird (Spheron, Dustless Micronex usw.).

2. Gelegentlich wird im Verlauf der folgenden Darstellung ein noch feinerer Ruß, der Super Spectra, zum Vergleich herangezogen. Dieser Ruß ist gleichfalls in einem »Kanalprozeß« aus Naturgas gewonnen und findet für Lacke und Schwärzen Anwendung. Seine mittlere Teilchengröße dürfte  $0,025 \mu$  betragen.

3. Gasruße geringerer Aktivität werden auf zweifache Weise gewonnen, wobei das Produkt der Kautschukmischung dementsprechend verschiedene Eigenschaften verleiht. Sie können durch unvollständige Verbrennung von Naturgas bei hoher Temperatur erhalten werden, wie der im folgenden häufig

<sup>49</sup> Vgl. z. B. F. Kirchhof, Gummi-Ztg. 39 (1925) S. 2102; W. Bachmann, J. Behre, P. Blankenstein, Koll. Ztschr. 56 (1931) S. 334, 57 (1931) S. 64

genannte Goodwin-Ruß, der in seinen Eigenschaften in dem Fumone eine Parallele besitzt.

Der größere Teil der »inaktiven« oder »weichen« Gasruße wird jedoch durch thermische Zersetzung des Naturgases in geschlossenen Kammern gewonnen, wobei je nach der Handhabung des Prozesses ein grobkörniger Ruß von der Art des Thermax (mittlere Teilchenfeinheit nach Gehman & Morris (loc. cit. S. 217) 1,12  $\mu$ ) oder (bei Verdünnung des Frischgases mit den Abgasen) der feinere P. 33-Ruß (mittlere Teilchengröße 0,159  $\mu$ ) resultiert.

Neben den aus Naturgas gewonnenen, werden auch andere Rußarten in der Gummi-Industrie verwandt:

4. Durch explosive Verbrennung von gereinigtem Acetylgas wird ein sogenannter Acetylenruß erzeugt. Die Teilchenfeinheit des zu dieser Kategorie gehörenden Shewinnegan-Rußes beträgt im Mittel 0,130  $\mu$ .

5. Durch freie, unvollständige Verbrennung von Fetten, Ölen oder Teeren wird ein blauschwarzer Ruß gewonnen, der unter dem Namen Öl- oder Lampenruß in den Handel kommt. Seine Verwendung in Kautschukmischungen ist älter als die des Gasrußes und geschah ursprünglich zu Färbezwecken. Die Teilchengröße der feinsten Ölrüße wird von Peterfi<sup>50</sup> mit 0,08  $\mu$  bis 0,12  $\mu$  angegeben. Ihre mechanischen Eigenschaften in Kautschukmischungen sind etwa denjenigen der »weichen« Gasruße gleich.

6. Schließlich sei der mineralische Ruß erwähnt, ein ziemlich grobes, billiges Produkt, dessen Eigenschaften z. B. von Schidrowitz und Philpott<sup>51</sup> ausführlich beschrieben worden sind.

*Beeinflussung der Vulkanisation durch die Ruße.* Zunächst muß vorausgesetzt werden, daß die einzelnen Ruße in verschieden hohem Maße hemmend auf die Vulkanisation wirken. Diese Hemmung ist wahrscheinlich eine Folge ihrer Aktivität und ihrer Fähigkeit, den Beschleuniger zu adsorbieren.<sup>52</sup> Sie kann daher durch höhere Schwefel- und Beschleunigerdosierung teilweise behoben werden, ebenso durch Zusatz gewisser Stoffe, wie der Stearinsäure (zumal bei Verwendung des Diphenylguanidins als Beschleuniger). Im allgemeinen ändert sich die Zeit, die zur Erzielung der »richtigen« Vulkanisation erforderlich ist, linear mit der Menge der zugemischten aktiven Füllstoffe. Dies zumindest im Bereiche mäßiger Konzentrationen. Bei 20 Volumenteilen des Rußes auf 100 Gummi braucht man<sup>53</sup> mit Mercaptobenzothiazol als Beschleuniger zur Erreichung optimaler Vulkanisation z. B. die folgenden Zeiten:<sup>54</sup>

<sup>50</sup> Kautschuk 3 (1927) S. 196

<sup>51</sup> Ph. Schidrowitz und M. Philpott, Trans. I.R.I. 6 (1930) S. 96; M. Philpott, Trans. I.R.I. 8 (1932) S. 270

<sup>52</sup> Einige Vorschläge gehen sogar dahin das Verhalten des Rußes in Kautschukmischungen auf Grund seiner D.P.G.-Adsorption zu prüfen (siehe den zusammenfassenden Bericht von F. H. Amon und R. K. Estelow, Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 579), ähnlich wie seine Adsorptionsfähigkeit für Methylviolett, Malachitgrün usw. häufig, allerdings ohne den erwarteten Erfolg, für diesen Zweck in Vorschlag gebracht worden ist.

<sup>53</sup> N. Goodwin und C. R. Park, Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 621, 706, 1088.

<sup>54</sup> Die Vulkanisationsverzögerung durch einen Füllstoff braucht mit seiner verstärkenden Wirkung nicht sylvat zu gehen. Wir besitzen in den kolloidalen Kaolinen z. B. Füllstoffe von hoher Verstärkung, die die Vulkanisation nicht verzögern, sondern eher, infolge ihres aus dem Herstellungsprozeß stammenden Alkaligehaltes, etwas beschleunigen (Drakeley und Pollett, loc. cit. Seite 232). Auch die vulkanisationsbeschleunigende Wirkung des Alkali-Regenerates beruht auf seiner alkalischen Reaktion. (Eine genaue Studie dieses seit langem bekannten Phänomens unternahm N. A. Shepard, H. F. Palmer und G. W. Miller, Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 143.)



	Zeit bis zur Erzielung optimaler Vulkanisation	
	Beurteilt auf Grund des Hand-Tearing-Tests (s. S. 261)	Festigkeitsprodukts
Mit Theratomic-(Thermax-)Ruß	20 Min.	20 Min.
Mit Goodwin-Ruß	20 "	30 "
Mit Charlton-Ölruß und mit Micronex (Kanalprozeß)	45 "	55 "
Mit Super-Spectra-Ruß		etwa 90 "

Die Zugdehnungseigenschaften von Rußmischungen. In Abb. 154 sind für eine Mischung aus 100 smoked Sheet, 5 Gewichtsteilen Zinkweiß, 3,5 Teilen Schwefel, 4 Teilen Stearinsäure und 1,25 Teilen Mercaptoben-

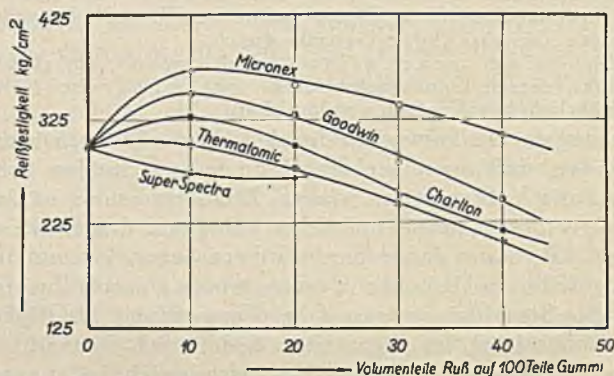


Abb. 154. Reißfestigkeit von Rußmischungen

zothiazol, der bis zu 40 Volumprozent (auf 100 Gummi) steigende Mengen von Ruß zugegeben wurden, die Reißfestigkeitskurven aufgetragen. Die analogen Kurven der Widerstandsenergie sind in Abb. 155 gegeben.

Die höchste Zugfestigkeit und Widerstandsenergie gibt der Kanalprozeß-Gasruß (Micronex). Als nächste folgen die Ruße von der Art des Goodwin (Fumonex) und die besten Ölruße (Charlton).<sup>55</sup> Diese letztgenannten Rußarten werden zum Teil von den feinsten Arten des thermatomischen Rußes (P-33) übertroffen (s. Abb. 175). Ähnliche Festigkeitswerte liefert der Acetylenruß.<sup>56</sup> Dann — mit einer verhältnismäßig geringen verstärkenden Wirkung — rangieren die größeren, durch thermische Zersetzung gewonnenen Ruße (Thermax usw.). Der Super-Spectra-Ruß erscheint, trotz seiner außerordentlichen Feinheit, für die Verwendung in Kautschukmischungen als ungeeignet, offenbar, weil es nicht gelingt, mit den von Natur aus vorhandenen und den zugesetzten

<sup>55</sup> Siehe auch: A. van Rossem und H. van der Meyden, Kautschuk 3 (1927) S. 166 und 297; Staatliches Materialprüfungsamt, *ibid.* S. 195 und 142

<sup>56</sup> Siehe z. B. T. R. Dawson und N. H. Hartshorne, Trans. I.R.I. 5 (1929) S. 48; D. Parkinson, Trans. I.R.I. 5 (1929) S. 263

dispergierenden Agenzien, ihn homogen im Kautschuk zu verteilen und zu benetzen.

Versuche mit anderen Beschleunigern als dem Mercaptobenzothiazol führen zu prinzipiell ähnlichen Resultaten.<sup>53</sup>

Gasruß enthält zuweilen eine gewisse Menge größerer Bestandteile, die man mit dem Namen »Grit« bezeichnet, und die beim Walzen nicht aufgebrochen werden. Die Menge der Substanz, die durch ein 200-maschiges Sieb fällt, aber von einem 325-maschigen zurückgehalten wird, kann beim Kanalprozeß-Gasruß 0,05 bis 1,7% betragen. Grit, zumal grober, beeinträchtigt die Reißfestigkeit<sup>57</sup> der mit dem Ruß hergestellten Mischung, den Widerstand gegen wiederholtes Biegen<sup>58</sup>, jedoch — wenn

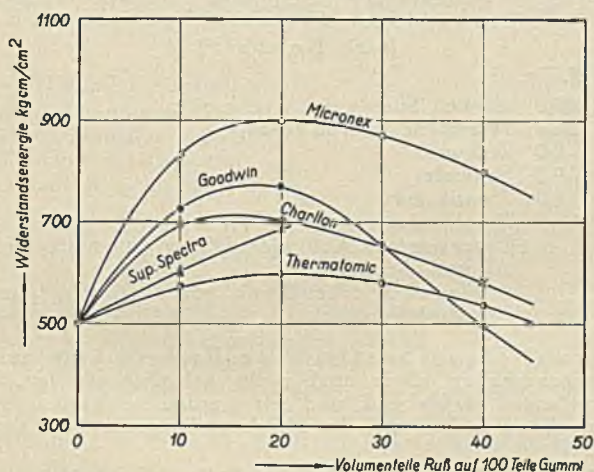


Abb. 155. Widerstandsenergie von Rußmischungen

in geringer Menge vorhanden — angeblich nicht den Abnutzungswiderstand.<sup>59</sup>

Typische Anwendungsbeispiele für Ruße werden durch die drei folgenden Mischungen gegeben.

#### 1. Lauffläche eines Pneumatikreifens

Gew. Tle.	Vol. Tle.	
100,0	100,0	smoked Sheets
40,0	22,8	Kanalprozeß-Gasruß
10,0	1,8	Zinkweiß
3,2	1,6	Schwefel
2,5	2,4	Fichtenteer
4,0	4,1	Stearinsäure
0,7—0,9		Mercaptobenzothiazol
1,1		Phenyl- $\beta$ -naphthylamin

<sup>57</sup> Gallie, Trans. I.R.I. 1 (1925) S. 247; Kearsley u. Park, Rubber Age, N. Y., 29 (1931) S. 79

<sup>58</sup> J. N. Street, Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 559

<sup>59</sup> Twiss, Trans. I.R.I. 2 (1926) S. 82



## 2. Elastikreifen-Mischung

Gew. Tle.	Vol. Tle.	
100,0	100,0	smoked Sheets
25,0	13,9	inaktiven Gasruß (Fumonex)
18,0	10,3	Kanalprozeß-Gasruß
79,0	14,2	Zinkweiß
4,0	2,0	Schwefel
0,75	0,8	Stearinsäure
	1,5	Aethylidenanilin Beschleuniger (A-50)
	1,5	Alterungsschutzmittel (50% Phenyl- $\alpha$ -naphthylamin + 25% m-tolyldiamin + 25% Stearinsäure)

3. Hitzebeständiger Omnibusschlauch  
(nach Booth<sup>203</sup>)

Gew. Tle.	Vol. Tle.	
100,0	100,0	smoked Sheets
40,0	22,8	»weichen« Gasruß (P-33)
5,0	0,9	Zinkweiß
1,0	0,5	Schwefel
1,0	1,0	Stearinsäure
	2,0	Beschleuniger (Ureka C)
	0,8	Beschleuniger Aktivator: Diphenylguanidinphthalat (Guantal)
	2,0	Alterungsschutzmittel (Flectol A oder: Komb. von Aldol- $\alpha$ + phenyl- $\beta$ naphthylamin)

Die Auswahl einer bestimmten Rußart kann auf Grund der Zugdehnungseigenschaften allein noch nicht getroffen werden. Hierfür sind andere Überlegungen maßgebend; und wir werden im Verlauf der folgenden Darstellung noch wiederholt auf die Mischungsbeispiele 1—3 zurückkommen.

**Die Kaoline.** Aus Abb. 147 und 148 geht hervor, daß ein gutes Kaolin mittlerer Teilchenfeinheit (etwa das Handelsprodukt »Dixie Clay«), in dem Konzentrationsbereich zwischen 0 und 20 Volumprozent eine ausgesprochen verstärkende Wirkung auf Kautschuk ausübt. Die Verfestigung durch eine Reihe gröberer, auf dem Markt befindlicher Kaolinsorten ist geringer; auf der anderen Seite sind in den letzten Jahren kolloidale Kaoline hergestellt worden, die zum Teil sehr bemerkenswerte Eigenschaften den Kautschukmischungen verleihen. Drakeley und Pollett<sup>60</sup> haben eine ausführliche Untersuchung den Festigkeitseigenschaften der mit Kaolinen hergestellten Mischungen gewidmet und sie später durch eine Studie über die Alterung kaolinhaltiger Kautschukmischungen ergänzt.<sup>61</sup> Sie zeigten, daß die feinste der untersuchten Kaolinsorten, das Stockalite, dessen Teilchen mehr als 5 Tage in der Schwebe bleiben, wenn man sie im Wasser suspendiert, Mischungen von etwa der gleichen Reißfestigkeit liefern wie der Kanalprozeß-Gasruß. Das geht z. B. aus der Abb. 175 ebenso wie aus der folgenden Tabelle hervor:

<sup>60</sup> T. J. Drakeley und W. F. O. Pollett, Trans. I.R.I. 5 (1929) S. 424

<sup>61</sup> T. J. Drakeley und P. G. Packman, Trans. I.R.I. 5 (1930) Nr. 6. Die Alterungseigenschaften der kolloidalen Kaoline sind gut.

Tabelle V

Verstärkender Füllstoff	Volumenladung der maximalen Verstärkung	Maximale Vergrößerung der Widerstandsenergie gegenüber der Grundmischung. **
kolloidales Kaolin (Stockalite) (ohne Stearinsäure)	. 12%	164 ft. lbs./cu. in.
kolloidales Kaolin (mit Stearinsäure)	. . . . . 12%	111 ft. lbs./cu. in.
Kanalprozeß-Gasruß (ohne Stearinsäure)	. . . . . 19%	97 ft. lbs./cu. in.
Kanalprozeß-Gasruß (mit Stearinsäure)	. . . . . 19%	135 ft. lbs./cu. in.

Infolge ihrer höheren Isotropie (s. Seite 221) üben die Ruße die Verstärkung bis in höhere Konzentrationen hinein aus als die Kaoline. Die Kurve der Widerstandsenergie verläuft bei den Rußen flacher, und die über den ganzen Bereich summierte Verstärkung ( $\Delta A$ -Funktion) ist größer:

Tabelle VI

Verstärkender Füllstoff	$\Delta A$ -Funktion
Stockalite (kolloidales Kaolin)	2450
Devolite (kolloidales Kaolin)	1900
Gasruß (ohne Stearinsäure)	1900
Gasruß (mit Stearinsäure)	3100

Ein unmittelbarer graphischer Vergleich der hochwertigen Kaoline mit aktiven Gasrußen wird dadurch erschwert, daß der Gasruß zur Entfaltung seiner vollen Wirkung Stearinsäure benötigt, während die Fettsäuren gerade die Festigkeit der kaolinhaltigen Mischungen vermindern.

Kaolin findet in Kautschukmischungen überall dort Anwendung, wo ein hellfarbiger, billiger und härtender verstärkender Füllstoff gebraucht wird; zumal dort, wo es auf große Kerbzähigkeit nicht ankommt (Fußbodenbelag, Matten, farbige Absatzmischungen, Gasschläuche usw.).

**Die Zinkweiße.** Das in Abb. 147 und 148 veranschaulichte Verhalten des Zinkweiß, das ihn in seiner verstärkenden Wirkung zwischen Kaolin und Magnesia Carbonica einordnet, bezieht sich auf ein Oxyd mittlerer Feinheit (Teilchengröße von  $0,30 \mu$ ). G. S. Haslam<sup>63</sup> zeigte in Übereinstimmung mit der Theorie, daß die Widerstandsenergie von Zinkweißmischungen linear mit der Oberflächenentfaltung des Pigmentes wächst. In Abb. 156 ist dem Zinkweiß XX-Red mit etwa  $0,30 \mu$  großen Teilchen, ein feineres Oxyd gegenübergestellt, das sogenannte »Kadox«, mit einer mittleren Teilchengröße von  $0,15 \mu$ .<sup>64</sup> Es zeigt sich, daß der Verstärkungsbereich des feinen Pigmentes bis zu etwa 45 Volumenteilen (auf 100 Teile Kautschuk) reicht, und daß das Maximum der Verstärkung bei rund 20 Volumen erreicht wird.

Der hohe Volumenpreis des Zinkweiß (s. Abb. 153) beschränkt heute im allgemeinen seine Verwendung auf die Gebiete, wo seine Zumischung neben der Verstärkung oder unabhängig von dieser besondere Vorteile

<sup>62</sup> 100 Gewichtsteile helle Crepe, 5 Zinkweiß, 4 Schwefel, 1 DPG. + (dort wo angegeben) 0,5 Stearinsäure.

<sup>63</sup> G. S. Haslam, Rubber Age (N. Y.) 32 (1932) S. 89

<sup>64</sup> Beide Produkte sind Erzeugnisse der New Jersey Zinc Co. Nach der Auszählmethode von Gehman und Morris (loc. cit. S. 217) ergeben sich für die beiden Pigmente geringere Teilchengrößen, und zwar  $0,185 \mu$  für das gröbere und  $0,099 \mu$  für das feinere.



mit sich bringt. Solche ausgezeichneten Eigenschaften von Zinkweißmischungen sind: ihre geringe Erwärmung im Dauerbetriebe (s. Seite 275), ihre Hitzebeständigkeit (s. Seite 298) und ihre günstige elektrische Charakteristik (s. Seite 288). Die Hauptmenge des Zinkweiß wird in Kautschukmischungen jedoch zur Aktivierung organischer Beschleuniger verwendet. Fast alle der gebräuchlichen Acceleratoren (eine Ausnahme bilden nur die Guanidine, das Äthylidenanilin und die festen Aldehydaminderivate) benötigen zur Entfaltung ihrer vollen Aktivität<sup>66</sup> die Anwesenheit

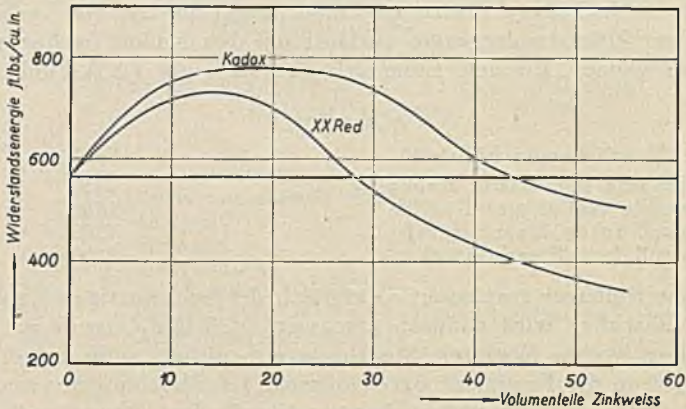


Abb. 156. Gegenüberstellung eines gewöhnlichen und eines „kolloidalen“ Zinkweiß

eines Metalloxydes in der Mischung, wobei das Zinkweiß sich am geeignetsten erweist.<sup>67</sup> Meist genügt ein Zusatz von 1% ZnO, in der Praxis verwendet man jedoch im allgemeinen 5% (des gewöhnlichen Oxydes), es sei denn im Falle transparenter Mischungen, wo man die Zinkweißmenge so niedrig wie möglich hält oder ein kautschuklösliches Zinksalz (Zinkstearat, Zinkkarbonat) im äquivalenten Verhältnis benutzt.<sup>68</sup>

Bei der Aktivierung organischer Vulkanisationsbeschleuniger bleibt das Zinkweiß chemisch nicht inert. Es geht vielmehr Reaktionen ein, zumal mit den Nichtkautschukbestandteilen des Rohgummis. Es kann daher seine — durch den Herstellungsprozeß bedingte — chemische Natur nicht vernachlässigt werden.<sup>69</sup>

<sup>66</sup> Vgl. z. B. R. Thiollet und G. Martin, C. et G-P. 27 (1930) S. 15 084 oder R. A. (N. Y.) 28 (10. Oktober 1930) oder R. Ch. T. 4 (1931) S. 1.

<sup>67</sup> Manche Beschleuniger werden auch durch Magnesia usta und Kalkoxydhydrat aktiviert. PbO wirkt auf gewisse Beschleuniger aktivierend, auf andere dagegen hemmend (siehe S. 283).

<sup>68</sup> Gewisse Beschleuniger, wie Vulkacit P, Zinkäthylxanthat, Tetramethylthiuram-disulfid, Mercaptobenzothiazol, Z-88, sind in Abwesenheit von Zinkweiß ganz unwirksam. Eine Reihe von ihnen bedarf zur Aktivierung außer Zinkweiß noch der Gegenwart einer höheren Fettsäure (vgl. W. S. Davey, R. Chem. Technol. 4 (1931) S. 157).

<sup>69</sup> Eine interessante zusammenfassende Darstellung über diesen Gegenstand gab in jüngster Zeit H. A. Depew (Ind. Engng. Chem. 25 (1933) S. 370 und 532). Dieser Darstellung schließen wir uns im folgenden teilweise an.

Zinkweiß wird entweder nach dem amerikanischen Prozeß direkt aus dem Erz hergestellt, oder nach dem französischen Verfahren aus dem Zinkmetall.<sup>70</sup> Das im amerikanischen Prozeß gewonnene Zinkweiß enthält, an der Oberfläche seiner Teilchen adsorbiert oder gebunden, Schwefel in der Form von  $\text{SO}_3$  oder Zinksulfat. Das Produkt des französischen Prozesses ist praktisch schwefelfrei. Dies charakterisiert die Verschiedenheit ihres Verhaltens in Kautschukmischungen.

Das Zinkweiß aus dem amerikanischen Prozeß macht die Mischung etwas sauer, während das Produkt des französischen Prozesses neutral oder eher etwas alkalisch reagiert. Die Acidität des Erstgenannten hindert es, beim Einmischen mit den Proteinen des Rohkautschuks zu reagieren und inhomogene »widerspenstige« Mischungen zu erzeugen, wie es bei dem alkalischen Zinkweiß häufig der Fall sein kann. Mischungen mit saurem Zinkweiß lassen sich mit glatter Oberfläche spritzen und kalandrieren, und seine homogene Einmischung bereitet weniger Mühe. Ein weiterer fabrikatorischer Vorteil des sauren Oxydes ist es, daß es die Scorching-Tendenz von Kautschukmischungen herabsetzt.<sup>71</sup>

Auf der anderen Seite beeinträchtigt das saure Oxyd, in Konzentrationen über 20 Gew.% zugesetzt, die Vulkanisationsgeschwindigkeit der Mischungen mit basischen Beschleunigern, während es die sauren Beschleuniger (Mercapto) nicht stört. Dieser Effekt kann jedoch durch Zumischung von Magnesia usta oder Bleiglätte so gut wie ausgeglichen werden; ebenso gelingt es durch Zumischung der gleichen Stoffe (Bleiglätte und Kalziumhydroxyd) die größere Wasserabsorption der Mischungen mit dem sauren Oxyd wieder aufzuwiegen. was von großer Wichtigkeit in Isoliermischungen ist.

**Titanpigmente.** Das reine Titandioxyd ebenso wie das (wechselnde Konzentrationen  $\text{BaSO}_4$  enthaltende) Titanweiß finden in Kautschukmischungen hauptsächlich wegen ihrer hohen Farb- und Deckkraft Anwendung.<sup>74</sup>

Als verstärkende Füllstoffe<sup>72</sup> sind die Titanpigmente etwa dem Blanc fixe gleichwertig. Typische Verwendungsgebiete sind z. B. weiße Schläuche, Golfballdecken, weiße Reifen-Seitenwände (vgl. Mischungsbeispiel 4) usw.

#### 4. Weiße Reifen-Seitenwände

Gew. Tle. Vol. Tle.

100,0	100,0	helle Crepe
10,0	1,8	Zinkweiß
75,0	17,3	Titanweiß
25,0	9,3	Kreide
3,0	1,5	Schwefel
2,0	2,1	Paraffin
	0,375	Di-o-tolyl-guanidin
	1,0	Alterungsschutzmittel (Parahydroxy-diphenyl)

Die Titanfüllstoffe sind befriedigender in beschleunigten als in beschleunigerfreien Mischungen. Eine Aktivierung des organischen Beschleunigers vermögen sie nicht hervorzurufen.

<sup>70</sup> Von den Produkten der New Jersey Zinc Co. sind z. B. nach dem amerikanischen Prozeß die Zinkweiße Spezial und XX-Red hergestellt, während die  $\text{ZnO}$ -Sorten Florence Weißsiegel, Grünsiegel, Rotsiegel im französischen Verfahren gewonnen werden. Die kolloidalen Sorten werden in einem besonderen Herstellungsverfahren, dem Palmerton-Prozeß, erzeugt.

<sup>71</sup> R. H. Thies, loc. cit. S. 284

<sup>74</sup> An Deckkraft und Wasserbeständigkeit sind die Titanpigmente dem Zinkweiß überlegen. Das Titandioxyd ist dabei das Bessere. Es hat etwa die fünffache Deckkraft von 30prozentiger Lithopone.

<sup>72</sup> W. H. Bodger und F. H. Cotton, Trans. I.R.I. 8 (1932) S. 16



**Kreide.** Die Kreide übt eine ganz geringe verstärkende Wirkung in Volumenkonzentrationen bis zu 15% aus. Diese Wirkung tritt naturgemäß stärker in Erscheinung in einer beschleunigerfreien<sup>75</sup> als in einer beschleunigten Mischung.<sup>76</sup> Als unschädlicher, spezifisch verhältnismäßig leichter und die Vulkanisation schwach befördernder Füllstoff, findet Kreide sehr ausgedehnte Verwendung in Kautschukmischungen.

Ein feines Kalziumkarbonat, dessen Teilchen an der Oberfläche mit einer höheren Fettsäure überzogen sind, wird unter dem Namen *Kalite* in den Handel gebracht (vgl. Tabelle VII).

### Vergleich der gebräuchlichsten Füllstoffe bei einer Konzentration von 23 Volumprozent.

Für eine Konzentration von 23 Volumen auf 100 Gummi, sind in der folgenden Tabelle die Festigkeitswerte einer Reihe von gebräuchlichen Füllstoffen zusammengestellt:

Tabelle VII<sup>77</sup>

Füllstoff	Gew.-Tle., 23 Vol.-Tln. ent- sprechend	Reiß- festigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Modulus bei 400% Dehnung kg/cm <sup>2</sup>	%ueller Reißfestigkeits- verlust bei der Alterung	
				14 Tage in Sauerstoff- bombe*	10 Std. in Luftbombe*
Kanalprozeß-Gasruß	41,4	329,8	158,9	65	72
Thermatom. Ruß P-33	41,4	298,8	58,4	32	36
Magnesiumkarbonat	51,3	296,7	102	28,4	53,5
Zinkoxyd	130,0	279,1	92,1	28	54,4
Kaolin (Dixie Clay)	59,8	265,1	149,1	20	40
Kalite (1% Stearinsäure)	61,0	246,8	57,6	25	55
Blank fixe	96,6	243,3	90,7	20	50
Titandioxyd	90,6	242,6	109,0	24,8	51,5
Thermax-Ruß	41,4	239,0	73,8	22,7	44
Lithopone	96,6	237,0	90,7	27	52,2
Basismischung†	—	235,5	28,5	17,6	66
Mineral-Rubber	23,9	220,1	28,9	24	75,5
Kreide	62,3	201,1	62,6	22,4	54,5
Talkum	59,8	174,4	47,1	25	55

Eine Zusammenstellung der Kerbzähigkeit und der Abnutzungsfestigkeit der gleichen Mischungen und Füllstoffe findet sich in Tabelle XV, Seite 263.

**Faktis.** Die unter dem Namen Faktis zusammengefaßten Reaktionsprodukte trocknender Öle mit Schwefel (brauner Faktis) oder Chlorschwefel (weißer Faktis) wurden ursprünglich geschaffen, um einen billigen Ersatzstoff für Rohgummi zu finden. Seit einer Reihe von Jahren bedeutet jedoch die Verwendung von Faktis in Kautschukmischungen keine Verbilligung mehr. Dennoch wird er auch heute in beträchtlicher

<sup>75</sup> Journ. of the Research Assoc. Brit. Rubb. Manuf. 1 (1932) S. 87

<sup>76</sup> W. B. Wiegand, loc. cit. S. 213

<sup>77</sup> Vanderbilt News 3 (1933) Nr. 3

\* Siehe Fußnote 204

† Basismischung: 50 smoked Sheet, 50 helle Crepe, 1 Stearinsäure, 1 Phenyl-β-naphthylamin, 5 Zinkweiß, 0,5 Schwefel, 0,5 Selen (Vandex), 0,5 Captax, 0,5 Tuads. (Gew. Tle.)

Menge in der Gummi-Industrie verwandt, und zwar wegen der besonderen Eigenschaften, die er der rohen und der vulkanisierten Mischung verleiht. Für die Verarbeitung der Mischung bringt Faktis alle Vorteile eines Erweichungsmittels (s. Seite 277) im Verein mit dem Vorzug, die Mischung nicht klebrig zu machen und gut alternde Produkte zu liefern. Er findet ausgedehnte Anwendung bei der Herstellung von *Stoffgummierungen*, wo seine Zumischung der Gummierung Geschmeidigkeit und velvetartige Oberfläche verleiht und zu Ersparnissen an Lösungsmitteln führt. Ein weiteres Gebiet, wo Faktis, zumal der weiße, unentbehrlich ist, ist die Herstellung von *Radiergummi* (siehe entsprechendes Kapitel dieses Buches); und mit Vorteil wird der Faktis in Gegenständen benutzt, die auf der Spritzmaschine hergestellt und frei geheizt werden (Gas-schläuche usw.), da er »gerüstbildend« wirkt (s. Seite 281).<sup>78</sup>

Die Verwendung größerer Faktismengen bleibt jedoch auf diejenigen Mischungen beschränkt, von denen keine hohe Reißfestigkeit verlangt wird. Den Abfall der Festigkeit beim Zusatz von weißem und braunem Faktis veranschaulicht die folgende Tabelle:<sup>79</sup>

Tabelle VIII

## Zusammensetzung:

Helle Crepe	100	100	100	100	100	100
weißer Faktis	0	15	20	25	50	—
brauner Faktis	—	—	—	—	—	50
Zinkweiß	10	10	10	10	10	10
Magnesia usta	—	10	10	10	10	—
Schwefel	5	7½	7½	7½	7½	3
Diphenylguanidin	1	2	2	2	2	1
Vulkanisationszeit bis zum Optimum:	15'	30'	30'	45'	60'	55'
Reißfestigkeit (lbs/in <sup>2</sup> ):	2900	1980	1700	1430	600	1570
Bruchdehnung: %	848	844	836	820	722	796
Festigkeitsprodukt:	2,46	1,67	1,42	1,17	0,43	1,25

Mit steigendem Zusatz von weißem Faktis fällt die Festigkeit und beträgt bei 50 Teilen weißen Faktis auf 100 Gummi nur etwa ein Sechstel derjenigen der faktisfreien Mischung.

Die Verwendung vieler Sorten von weißem Faktis, die anstandslos in der Atmosphäre von Chlorschwefeldampf vulkanisieren, für heiß vulkanisierte Gegenstände stößt zuweilen auf beträchtliche Schwierigkeiten. Der weiße Faktis, oder die von ihm während des Vulkanisationsprozesses abgespaltete Salzsäure, paralyisiert den organischen Beschleuniger und verzögert in außerordentlichem Maße die Vulkanisation. Baker, Bodger und Cotton<sup>79</sup> haben das Verhalten einer Reihe von Vulkanisationsbeschleunigern in Mischungen mit hohem Gehalt an weißem Faktis untersucht. Sie fanden in Übereinstimmung mit der Erfahrung der Praxis, daß der Zusatz von 10 Gewichtsteilen Magnesium- oder Kalziumoxyd auf 100 Gummi in Mischungen mit hohem Gehalt an weißem Faktis unent-

<sup>78</sup> Weitere Vorteile der Faktisverwendung sind: besserer Finish von Formartikeln und deren leichtere Herausnehmbarkeit aus der Form.

<sup>79</sup> Trans. I.R.I. 7 (1931) S. 144



behrlich ist, und daß es sich als notwendig erweist, die Schwefel- und die Beschleunigerdosierung zu erhöhen. Für eine DPG-beschleunigte Mischung sind die Verhältnisse in Tabelle VIII zusammengestellt. Als basischer Beschleuniger leidet das Diphenylguanidin besonders unter der Wirkung des weißen Faktis<sup>80</sup>, und es gelang nicht ohne Verwendung eines Neutralisationsmittels die Mischung mit 50% Faktis innerhalb annehmbarer Zeiten zur Vulkanisation zu bringen. Gleich dem Diphenylguanidin lieferten auch andere basische Beschleuniger (A-16, A-19) unbefriedigende Resultate. Befriedigende Ergebnisse konnten dagegen bei Verwendung von Mercaptobenzothiazol, *p*-Nitrosodimethylanilin, Tetramethylthiuramdisulfid und Zink- $\alpha$ -phenylbiguanid, auch ohne Anwesenheit von Magnesia usta, erzielt werden. Magnesiumkarbonat hatte nicht die gleiche Wirkung wie Magnesiumoxyd.

**Erweichungsmittel.** Bisher wurde im wesentlichen der Fall behandelt, daß der zugesetzte Füllstoff mit dem Kautschuk ein Zweiphasensystem bildet, dessen Zerreißarbeit infolge gespeicherter freier Oberflächenenergie einen größeren Betrag hat; oder auch der Fall, daß der eingemischte Stoff im wesentlichen nur verdünnend wirkt. Wie eingangs erwähnt, hat jedoch eine Reihe von Zusatzstoffen und Verarbeitungsoperationen zur Folge, daß die Festigkeit der Kautschukmatrix selbst verändert und auf diesem Wege die Widerstandsenergie der Mischung vergrößert oder verkleinert wird. Aus der Reihe solcher Einflüsse sollen hier näher besprochen werden: a) die Erweichungsmittel, b) die Vulkanisationsstoffe sowie die Temperatur der Vulkanisation. Hierher gehört auch der in einem besonderen Abschnitt behandelte Einfluß der Herstellung der Mischung und speziell der Mastikation.

Die Gründe für die Verwendung von Erweichungsmitteln werden in dem Abschnitt »Plastizität der rohen Mischung« (s. Seite 275) im Zusammenhang mit anderen Einflüssen dargelegt. Wir können uns daher an dieser Stelle darauf beschränken, den Einfluß von Erweichungsmitteln auf die Festigkeit zu besprechen.

Im allgemeinen wirken sich Zusätze eines Erweichungsmittels in einer Verringerung der Festigkeit der Mischung aus. Bei geringen Konzentrationen des Erweichers kann jedoch dieser Einfluß durch andere maskiert sein und sich gerade in den entgegengesetzten verwandeln. So erzielt man z. B. in einer mercaptobenzothiazolbeschleunigten Mischung mit hohem Rußgehalt die optimalen Festigkeitswerte, wenn man rund 4% Stearinsäure auf den Kautschukgehalt zügibt. Hierdurch wird nämlich einmal die Dispersion und »Benetzung« des Rußes durch den Kautschuk verbessert. Sodann wirkt die Stearinsäure aktivierend auf den sauren Beschleuniger, und schließlich verringert sie die Beschleunigeradsorption durch den aktiven Füllstoff.

Ist es auf diese Weise schwierig, a priori etwas über das Verhalten des Erweichungsmittels bei geringen Konzentrationen auszusagen, so ist

<sup>80</sup> Eine verzögernde Wirkung hat im Falle des DPG auch der braune Faktis. Jedoch gilt das nicht für alle Beschleuniger. Beim Benzothiazylsulfid ist sogar eine Aktivierung des Beschleunigers durch braunen Faktis zu beobachten.

es als gesichert zu betrachten, daß ein über eine gewisse Grenze hinausgehender Zusatz des Erweichungsmittels der Festigkeit der Mischung Abbruch tut. In Abb. 157 sind am Beispiel einer Laufflächenmischung, der steigende Mengen von Fichtenteer und Mineral-Rubber zugegeben wurden, die Verhältnisse veranschaulicht. Die Mischung bestand aus 100 Kautschuk, 40 Gasruß, 5 Zinkweiß, 3 Schwefel, 1,25 Mercaptobenzothiazol und enthielt in jedem Falle 4 Teile Stearinsäure. Darüber hinaus wurden ihr 0, 1, 2,4, 8 und 16 Teile der genannten Erweichungsmittel zugegeben.<sup>51</sup> In Abb. 157 bedeutet B die Kurve der Reißfestigkeit bei opti-

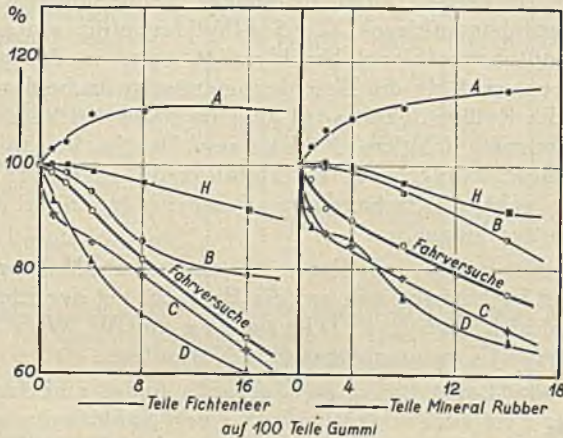


Abb. 157. Einfluß steigender Zusätze von Erweichungsmitteln auf die Festigkeitseigenschaften und die Lebensdauer einer Laufflächenmischung  
(nach De France u. Krantz [loc. cit. S. 257])

- A . . . Bruchdehnung  
 B . . . Reißfestigkeit  
 H . . . Härte  
 C . . . } Modulus bei 500 %, Dehnung nach  $\frac{70 \text{ Min.}}{140 \text{ Min.}}$  Vulkanisation  
 D . . . }

maler Vulkanisation, A die der Bruchdehnung, C des 500%-Modulus bei 70 Min. Vulkanisation, D des Modulus bei 140 Min. Vulkanisation und H die Kurve der Härte. Die Werte der Mischung, die nur 4 Teile Stearinsäure und kein weiteres Erweichungsmittel enthielt, sind in der Abbildung gleich 100 gesetzt worden. Gleichzeitig mit den aufgezählten Kurven ist auch der aus Fahrversuchen auf der Straße ermittelte Abnutzungswiderstand der Mischungen aufgetragen worden (s. Seite 257). Es erweist sich, daß die Einmischung von zusätzlichem Erweichungsmittel den Modulus, die Reißfestigkeit, die Härte und den Abnutzungswiderstand herabsetzt. Die Reißfestigkeit fällt nicht in dem Maße wie der

<sup>51</sup> Der Fichtenteer hatte bei 15,5° C ein spez. Gew. von 1,065; bei 23,9° C eine Viskosität (Stormer) (50 g Gewicht) von 12, Anfangsiedepunkt 90° C; 10% destillieren bis 206° C, 30% bis 280° C, 80% bis 358° C.

Das Mineral Rubber hatte (nach der Würfelmethode) einen Schmelzpunkt von 170° C und eine Penetration bei 75° C von 94.



Abnutzungswiderstand (Fahrversuche), der Modulus bei 500proz. Dehnung fällt steiler. Der Fichtenteer ist wirksamer als das Mineral-Rubber (s. Seite 278).

**Beschleuniger.** Die organischen Vulkanisationsbeschleuniger haben nicht nur einen sehr ausgesprochenen Effekt auf die Vulkanisationsgeschwindigkeit der Mischung, sie beeinflussen auch in markanter Weise die Festigkeit des Produktes. Es gesellt sich hinzu, daß die Temperatur der Vulkanisation eine Wirkung auf die Widerstandsenergie des Vulkanisates hat, wobei niedrige Vulkanisation zu besseren Produkten führt.<sup>82</sup>

Als Beispiel sei genannt, daß die gleiche Reingummimischung einmal mit 0,5 Mercaptobenzothiazol + 0,5 Äthylidenanilin, ein andermal nur mit 1,0 Mercaptobenzothiazol beschleunigt, zwar in der gleichen Zeit ausvulkanisieren wird, da die Beschleunigermenge in beiden Fällen ausreichend ist; die Reißfestigkeit wird aber im Falle des kombinierten Beschleunigers um rund 70 kg/cm<sup>2</sup> höher sein. Desgleichen spielt die Aktivierung des Beschleunigers durch Metalloxyde eine sehr wesentliche Rolle. Jedoch geht die Behandlung dieser Fragen über den Rahmen dieses Abschnittes hinaus.

Sieht man aber selbst von diesem sogenannten »Multibeschleuniger-effekt« ab und beschränkt sich auf die Betrachtung der Einzelbeschleuniger, so ergibt sich nach R. P. Dinsmore und W. W. Vogt<sup>83</sup> etwa das in der Tabelle IX zusammengestellte Verhalten.

**Alterung.** Beim Lagern oder im Gebrauch findet eine langsame Verminderung der Festigkeitseigenschaften einer Kautschukmischung statt, die auf eine progressive Schwächung der Matrix zurückgeht. Eine ausführliche Behandlung findet das Phänomen in einem besonderen Kapitel dieses Buches. Es sei hier lediglich zusammengestellt, inwiefern die gebräuchlichsten Füllstoffe (wenn sie den üblichen Reinheitsgrad haben und frei von spezifischen »Kautschukgiften« sind) den Alterungsprozeß beeinflussen.

In Tabelle VII sind für eine Mischung, die 23 Volumen von 13 verschiedenen Zusatzstoffen enthielt, sowie für eine füllstofffreie Grundmischung der Reißfestigkeitsverluste beim Altern in der Sauerstoffbombe (14 Tage, 70° C, 300 lbs./in<sup>2</sup> Gasdruck) zusammengestellt. Der Einfluß der meisten Füllstoffe ist nur gering. Lediglich aktiver Gasruß<sup>84</sup> erzeugt Mischungen, die merklich schlechter altern als die Grundmischung, die durch Schwefeldosierung, geeignete Wahl von Beschleunigern und Zusatz eines Alterungsschutzmittels in diesem Falle einen hohen Widerstand gegen Alterung besitzt. Meist spielt aber in modernen Mischungen diese Tendenz des aktiven Gasrußes keine Rolle. Von Belang sind die

<sup>82</sup> Die Größe des Effektes ist abhängig von der Art des verwandten Beschleunigers und ist z. B. viel ausgesprochener beim Mercapto als beim DOTG (Sheppard & Street, R. Ch. T. 5 (1932) S. 442).

<sup>83</sup> Trans. I.R.I. 4 (1928) S. 85 oder R. Ch. T. 1 (1928) S. 410

<sup>84</sup> D. J. Beaver und T. P. Keller (Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 817) fanden einen Zusammenhang zwischen der Alterung und der Menge des am Ruß adsorbierten Sauerstoffs.

Tabelle IX  
 Rationale Klassifikation der Beschleuniger  
 (nach Dinsmore u. Vogt)

	Stoß- Tendenz	Er- weichende Wirkung	Füllstoffarme Mischung		Gasrußmischung	
			Modulus	Reiß- festigkeit	Modulus	Reiß- festigkeit
1) Dithiocarbamate (Vulkacit P. Superac, du Pont 552; Metallsalze der Dithiocarbaminsäure, Su- per Sulphur 1 und 2) . . .	2	Keine	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
2) Xanthate (Zinksalze der Äthyl-, Pro- pyl- und Butylxanthigen- Säure) . . . . .	1	Keine	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
3) Thiurame (Thiurammono- und di- sulfid) . . . . .	3	Keine	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
4) Mercaptobenzothiazole (einschl. der Metall- und Aminosalze)						
Captax . . . . .	6	schwache	Niedrig	Niedrig	Hoch	Hoch
Z.-88 . . . . .	5	Ja	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
W-80 . . . . .	5	Keine	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
5) Vulcanol . . . . .	7	Keine	Hoch	Hoch	schlecht	schlecht
6) schnelle Aldehydamine (A-16, A-20, Goodrich BB, 808, 833 . . . . .	8	Ja	Hoch	Hoch	Variiert von schlecht bis	
Heptene) . . . . .	8	Ja	mittel		mäßig gut	
7) p-Nitrosodimethyl- anilin . . . . .	5	Ja	Hoch	Hoch	einigerm. gut	
8) Äthylidenaniline (A-7, A-19, Crylene, R u. H 40, und R u. H 50, Tensilac 39 u. 41, Vulcanex, Vulcone)	9	Ja	Niedrig	Niedrig	meist	
9) Aldehydammoniak . .	10	Keine	Niedrig	Niedrig	Mäßig	Mäßig
10) Guanidine (DPG, DOTG, PhOTG) . .	11	Keine	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
11) Hexamethylen- tetramin . . . . .	12	Keine	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch

Alterungseigenschaften eines Pigmentes erst dann, wenn es Verunreinigungen in Form von Schwermetallsalzen (Cu-, Mn-Verbindungen) enthält. Von den in der Praxis gebrauchten Stoffen ist z. B. das Preußisch- und Turnbullsblau in alterungstechnischer Hinsicht nicht einwandfrei.<sup>85</sup>

Die Auswertung der Ergebnisse der Alterung in der Heißluftbombe, die gleichfalls in Tabelle VII zusammengestellt sind, in bezug auf die »Hitzebeständigkeit« erfolgt auf S. 299.

<sup>85</sup> J. R. Scott, Trans. I.R.I. 4 (1929) S. 374



## b) Steifheit und Härte

Von den Spannungs-Verformungsbeziehungen der Kautschukmischungen interessieren den Praktiker nicht nur der Endpunkt der Zugdehnungskurve, also die Bruchfestigkeit und die Bruchdehnung, es interessiert ihn auch das Verhalten der Probe bei geringeren Deformationen, d. h. die Steifheit und die Härte. Diese Eigenschaften interessieren den

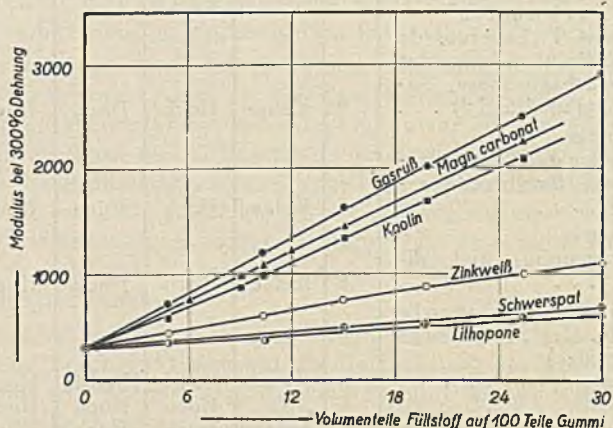


Abb. 158. Steifheit von Kautschukmischungen als Funktion ihres Füllstoffgehalts

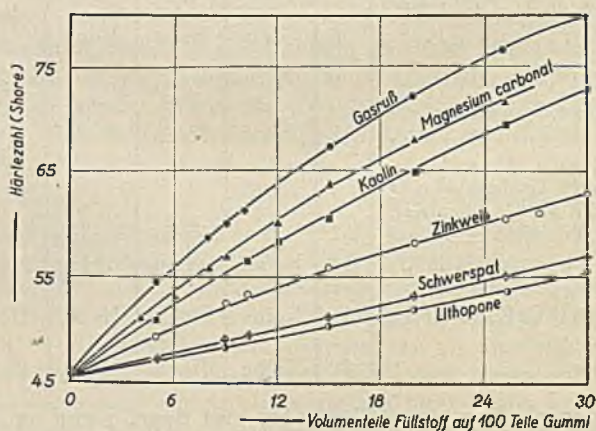


Abb. 159. Härte von Kautschukmischungen als Funktion ihres Füllstoffgehalts

Kautschuktechnologien um so mehr, als die Mischung in der Praxis häufig Deformationen solcher Größenordnung tatsächlich unterworfen wird.

Die Steifheit der Mischung wird durch den Modulus gemessen, d. h. durch die Kraft, die erforderlich ist, um eine bestimmte mittlere Elongation hervorzurufen (als solche Elongation wird meist 400% gewählt, seltener 500% oder 300%).

Die Härte wird aus der (reziproken) Eindrucktiefe einer Kugelspitze in das Material unter gegebener Last bestimmt. Die bei der Härtmessung auftretende Deformation ist viel kleiner als die zur Bestimmung der Steifheit angewandte.

In Abb. 158 und 159 sind nach Greider<sup>86</sup> Modulus und Härte einer Mischung aufgetragen worden, der steigende Mengen Gasruß, Magnesiumkarbonat, Kaolin, Zinkweiß, Lithopone und Schwerspat zugesetzt wurden. Die aktiven, wie die inerten Füllstoffe zeigen ein recht regelmäßiges Verhalten. Alle Stoffe erhöhen den Modulus und die Härte über

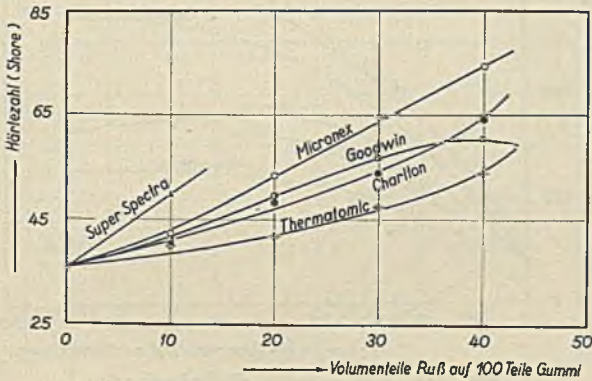


Abb. 160. Härte von Rußmischungen

die Werte der Grundmischung hinaus. Die Erhöhung geht im Falle der Steifheit linear mit der Füllstoffkonzentration, im Falle der Härte etwas schwächer als linear. Sie setzt sich in beiden Fällen monoton ansteigend bis in die höchsten hier aufgeführten Konzentrationen fort. Die Reihenfolge der Füllstoffe, ihrer Wirkung nach, entspricht der bei der Betrachtung der Reißfestigkeit und der Widerstandsenergie gefundenen (s. Seite 225). Ein Maximum des Modulus oder der Härte wird bis zu 30 Volumenteilen Füllstoff auf 100 Kautschuk noch nicht erreicht.

Dennoch ist es wahrscheinlich, daß eine hohe Widerstandsenergie und eine große Härte unabhängig voneinander in der Mischung erzeugt werden.<sup>87</sup> So ist z. B. die Härte einer Mischung mit kolloidalem Zinkweiß (Teilchengröße  $0,15 \mu$ ) praktisch gleich derjenigen mit gewöhnlichem Zinkweiß von  $0,3 \mu$  Teilchengröße. Auch geht bei den einzelnen Rußsorten, wie Abb. 160 lehrt, die Härte der Mischung wohl mit der Teilchenfeinheit des Pigmentes, jedoch nicht mit dessen verstärkender Wirkung symbar (s. Seite 230). Der feinste und ihnen, der Super-Spectra-

<sup>86</sup> loc. cit. S. 214. Es sind dies die gleichen Mischungen wie in Abb. 147, 148, 153 und 170.

<sup>87</sup> Von einer Reihe von Kautschuktechnologien (so von E. B. Spear und R. L. Moore, Ind. Engng. Chem. 17 (1925) S. 936 und 18 (1926) S. 418), H. A. Depew (Rubber Age, N. Y., 24 (1929) S. 378) ist die Ansicht vertreten worden, daß die Reißfestigkeit durch die dispergierten, die Härte dagegen durch die agglomerierten Pigmente erzeugt wird.



Ruß, gibt zwar Mischungen von großer Härte, seine verstärkende Wirkung ist jedoch nur gering.

Anders liegen die Verhältnisse bezüglich des Modulus von Rußmischungen. Wie Abb. 161 sowie Tabelle XIV (Seite 260) zeigt, liefern Ruße von der Art des Goodwin, Fumonex, die Acetylenruße und zahlreiche Ölrüße Mischungen, die bei der gleichen Konzentration des Füllstoffs steifer sind als die mit Kanalprozeß-Gasruß (Micronex) hergestellten. Thermatomisch zersetzte Ruße geben dagegen weichere Mischungen.

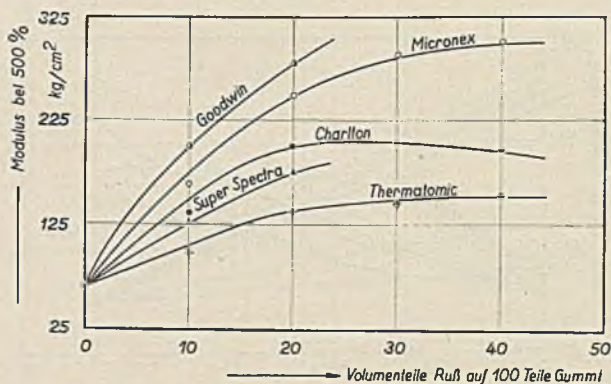


Abb. 161. Steifheit von Rußmischungen

Für eine Volumenkonzentration von 23% sind für die gebräuchlichsten Füllstoffe in Tabelle VII die Moduluswerte bei optimaler Vulkanisation gegeben worden. Für sehr hohe Füllstoffbeladung sind Modulus- und Härtezahlen in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle X

Füllstoffzusatz	Vol. %	Gew. %	Modulus 400% <sup>†</sup>	Härte (Shore)	Reiß- festigkeit <sup>††</sup>	Bruch- dehnung
Basismischung	—	—	245	40	2820	700
Kreide	21,5	62	410	49	2270	705
dto.	107,5	310	465	72	520	450
P-33-Ruß	21,5	40	745	53	3770	740
dto.	43	80	1250	61	3560	680
dto.	107,5	200	1640	86	1830	450
Kanalprozeß-Gasruß	53,2	100	(2850)*	83	2850	390
Thermax-Ruß	53,2	100	1560	64	2120	525
Hartkaolin	53,2	150	—	70	1720	295
Magnesiumkarbonat	53,2	130	—	84	1750	310
Zinkweiß	53,2	320	1550	82	1730	440
Kieselsäure	53,2	150	—	70	925	380
Blanc fixe	53,2	240	1335	66	1735	475
Graphit	53,2	140	625	68	695	425
Talkum	53,2	148	650	66	1080	510
Leim	53,2	80	—	70	1870	350
Weißer Faktis	53,2	62	275	37	510	575
Brauner Faktis	53,2	62	100	30	1140	950

<sup>†</sup> in lbs./in.<sup>2</sup> (Pfund/Quadratzoll). <sup>††</sup> Nach Angaben der Vanderbilt News.

\* bei 390% Dehnung

Daß die Härte und die Steifheit eines Materials nicht symbar zu gehen brauchen, ist zunächst etwas befremdend. Es erklärt sich jedoch aus dem nicht-linearen Charakter der Zugdehnungskurve. In Abb. 162 sind die Anfänge der Zugdehnungskurven (bis zu einer Elongation von 400%) für eine Reihe von Rußmischungen gezeichnet (bleiglättebeschleunigte Mischungen mit 20 Volumenteilen Ruß auf 100 Gummi). Aus der Gegenüberstellung der Kurven SS2 (Super-Spectra-Ruß + 10 Stearinsäure) und der Kurve G (Goodwinruß) geht hervor, daß die sehr viel härtere SS2-Mischung einen geringeren Modulus hat als die G-Mischung (siehe Definition der Härte S. 243).

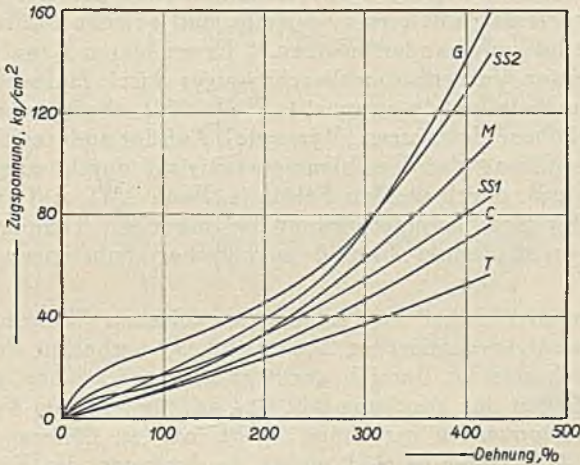


Abb. 162. Anfangsteil der Zugdehnungskurven von Rußmischungen

Hoher Modulus und große Härte sind bei sogenannten »lederharten« Kautschukgegenständen erforderlich. Eine »lederharte« Sohlenmischung kann z. B., wenn sie schwarz sein soll, unter Zusatz von 60 Volumenteilen (rund 105 Gewichtsteile) Kanalprozeß-Gasruß (auf 100 Teile Kautschuk) hergestellt werden. Eine helle oder braune Sohlenmischung wird hingegen durch Einmischen von 75 Volumenteilen (rund 170 Gewichtsteilen) Magnesiumkarbonat erzeugt.

### c) Füllstoffgemische

Eines der wichtigsten und zur Zeit noch in keiner Weise befriedigend gelösten Probleme des Mischwesens ist die Frage nach dem Verhalten von Füllstoff-Gemischen. Der bisher vorwiegend behandelte Fall, daß nur ein Stoff, und zwar vorzugsweise bei der Konzentration seiner maximalen Verstärkung in der Mischung verwandt wird, findet sich in der Praxis nur selten vor. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle enthalten Kautschukmischungen eine ganze Reihe von Füllstoffen gleichzeitig und in den verschiedensten Konzentrationen, sei es zur gleichzeitigen Erfüllung differenzierter Anforderungen, denen durch Verwen-



nung nur eines Mischungsstoffes nicht genügt werden kann, sei es aus wirtschaftlichen Gründen, zum Zwecke leichterer Verarbeitung oder zur Erzielung eines bestimmten spezifischen Gewichtes. Meist enthalten Kautschukmischungen gleichzeitig sowohl verstärkende als auch inerte Pigmente.

Trotz der Wichtigkeit der Frage, inwieweit die Eigenschaften einer zusammengesetzten Mischung auf Grund des Verhaltens der einzelnen Mischungsstoffe vorausberechnet werden können, sind nur wenige systematische Untersuchungen nach dieser Richtung unternommen worden.

*Spezifische Beeinflussung der Mischungsstoffe.* Bei der Lösung von Mischungsproblemen spielt es eine Rolle, daß gewisse Stoffe einen spezifischen Einfluß aufeinander ausüben.<sup>88</sup> Es sei hier z. B. an die Aktivierung der meisten Vulkanisationsbeschleuniger durch Zinkweiß oder auch durch andere Metalloxyde erinnert (s. Seite 234), ebenso wie einiger von ihnen durch höhere Fettsäuren (Mercapto). Auf der anderen Seite kennen wir eine Vergiftung der Beschleunigeraktivität durch eine Reihe von Substanzen, z. B. durch weißen Faktis (s. Seite 237). Auf eine partielle Vergiftung der Beschleunigerwirkung bei niedrigen Temperaturen geht der scorch-vermindernde Einfluß spezifischer Substanzen zurück (s. Seite 283).

Sieht man aber selbst von solchen spezifischen Wirkungen ab, die mehr oder weniger chemischer Natur sind, so verhalten sich Füllstoffgemische auch nur im Bereich geringer Konzentrationen gesetzmäßig, und die Festigkeit der Mischung läßt sich additiv aus dem Verhalten der einzelnen Komponenten errechnen. Geht man zu höheren Konzentrationen über (20 Volumina und mehr), so beginnen die Füllstoffe sich gegenseitig zu beeinflussen und an der Entfaltung der vollen verstärkenden Wirkung zu hindern.

In Abb. 163 ist die Kurve der Reißfestigkeit einer Mischung mit steigendem Gehalt an kolloidalem Kaolin und an aktivem Gasruß aufgetragen. Darüber ist eine theoretische Kurve der Reißfestigkeit einer Mischung aufgetragen, die gleichzeitig die beiden aktiven Füllstoffe in von 0 bis 10 Volumen ansteigender/abfallender Konzentration enthält, so wie sie sich durch sinngemäße Superposition der beiden unteren Kurven ergibt. Gleichzeitig sind die praktischen Meßwerte  $\odot$  für die Mischung mit dem »Füllstoffgemisch« aufgetragen. Bis auf einen Meßpunkt, der herausfällt, ist die Übereinstimmung zwischen der theoretischen Kurve und den praktischen Messungen befriedigend.

<sup>88</sup> Zuweilen finden zwischen den Komponenten einer Mischung in der Vulkanisation oder selbst beim Einmischen auf dem Walzwerk chemische Reaktionen statt. So reagieren Zinkseifen mit Mercapto (siehe H. A. Depew, Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 565), Zink- und Bleiverbindungen mit Thiu-rammonosulfid (H. C. Jones und H. A. Depew, Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 1467). Während der Vulkanisation geht auch eine Reaktion zwischen Fichtenteer und Bleiglätte vor sich (W. H. Reece, Trans. I.R.I. 4 (1929) S. 526) usw. — Die zuletzt genannten Dinge sind jedoch praktisch von nur untergeordneter Bedeutung.

Die höchste in diesem Beispiel vorkommende Füllstoffkonzentration ist jedoch 10 Volumprozent. Geht man zu höheren Füllstoffbeladungen über, so verliert sich die aufgezeigte Gesetzmäßigkeit. In Abb. 164 bis 167 sind nach Messungen von D. J. B e a v e r und J. M. M a c K a y <sup>90</sup> für eine konstant gehaltene Gesamtkonzentration von 20 Volumina des Füllstoffgemisches (auf 100 Gummi) an den Kombinationen von Kanalprozeß-Gasruß (Micronex) bzw. weichem Ruß (Gastex) mit Zinkweiß, Kaolin, Lithopone und Kreide die Verhältnisse illustriert. In den meisten Fällen

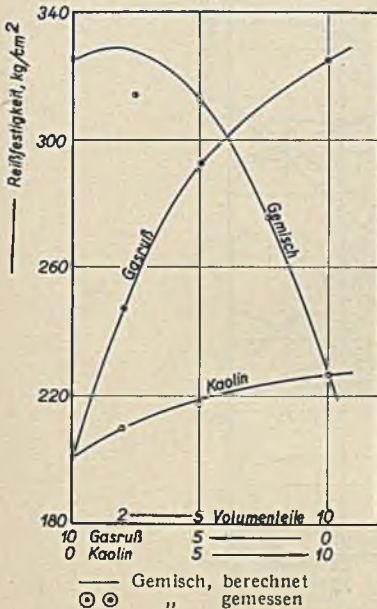


Abb. 163. Reißfestigkeit von Mischungen mit Kaolin, mit Ruß und mit Gemischen aus beiden

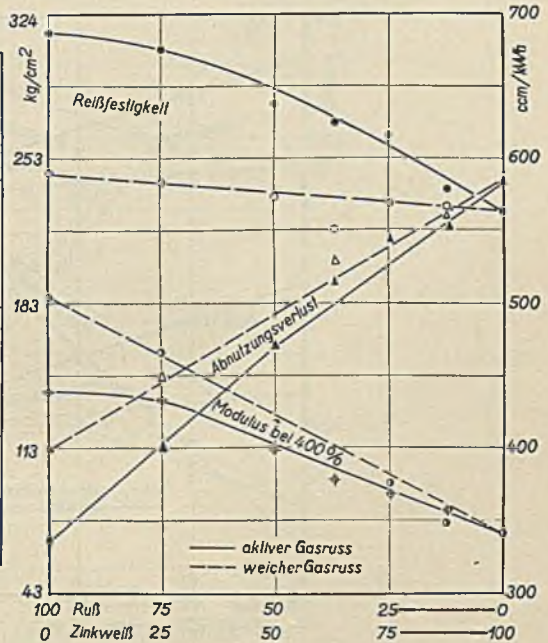


Abb. 164. Festigkeitseigenschaften von Kautschukmischungen, die gleichzeitig Ruß und Zinkweiß in wechselndem Verhältnis enthalten

ergibt sich ein linearer Abfall der aufgetragenen Festigkeitseigenschaften (Reißfestigkeit, Modulus, Abnutzungswiderstand) von der Rußmischung zur Mischung, die nur die andere Komponente enthält. Es muß hinzugefügt werden, daß in den mittleren Mischungsverhältnissen die praktische Kurve unterhalb der zu erwartenden (für den Fall aktiver Füllstoffpaare konvexen) additiven theoretischen Kurve für das gegebene Gemisch bleibt.

<sup>90</sup> Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 294. Die Grundmischung bestand aus: 100 smoked Sheet, 5 ZnO, 3 Schwefel, 4 Laurex (Erweicher), 1 Beschleuniger 808 (Butyraldehydanilin) und enthielt in allen Fällen 20 Volumina eines aus zwei Materialien bestehenden Füllstoffgemisches. Die prozentuelle Verteilung der beiden Füllstoffe in dem Gemisch ist als Abszisse der Kurven Abb. 164 bis 167 gewählt worden.



## d) Der Abnutzungswiderstand

Prinzipielles über die Abnutzung. Unter dem Begriff Abnutzung wird in der Kautschukindustrie der Materialverschleiß verstanden, der auftritt, wenn ein Gummigegegenstand in reibenden Kontakt mit einem anderen Körper gerät. Der Widerstand gegen Abnutzung gehört zu den wichtigsten technologischen Eigenschaften. Er ist oft bestimmend für die Lebensdauer eines Erzeugnisses und ist z. B. von eminenter Bedeutung bei Laufflächen von Pneumatikreifen, bei Förderbanddecken,

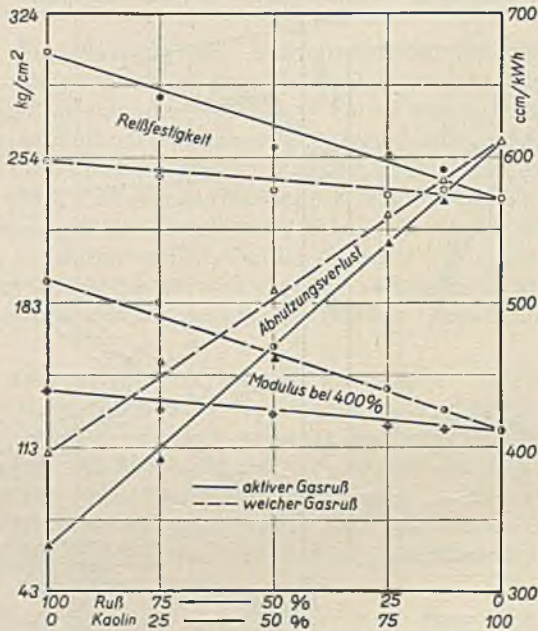


Abb. 165. Festigkeitseigenschaften von Mischungen, die gleichzeitig Ruß und Kaolin enthalten

Gummiabsätzen, beim Fußbodenbelag, bei Decken technischer Schläuche usw.

Der Mechanismus der Abnutzung einer Kautschukmischung, so wie er sich in der Berührungsfläche mit dem Fremdkörper abspielt, ist außerordentlich schwierig und unübersichtlich. Die Abtragung des Gummis ist in keiner Weise ein einheitlicher Prozeß. Dementsprechend ist auch die Abnutzungsfestigkeit eine komplexe Materialeigenschaft, in die der Widerstand gegen Einschneiden, die Kerbzähigkeit, die Elastizität, das Arbeitsvermögen, die Härte und zahlreiches mehr eingehen.<sup>91</sup> Tem-

<sup>91</sup> Es fehlt daher nicht an Versuchen, die naturnotwendig relative Prüfung der Abnutzungsfestigkeit durch die Absolutmessung anderer Eigenschaften zu ersetzen, die rational damit zusammenhängen müssen, also der Kerbzähigkeit, der Einschneidfestigkeit usw. Bislang sind aber die ermittelten Zu-

peraturerhöhung in der Berührungsstelle, das Stehen dieser Stelle unter Spannung, Alterung, Lichtexposition u. a. können die Verhältnisse noch weiter komplizieren.

Zudem ändert sich der Anteil der einen oder der anderen Beanspruchungsart von Fall zu Fall, so daß z. B. die Abnutzungsbedingungen

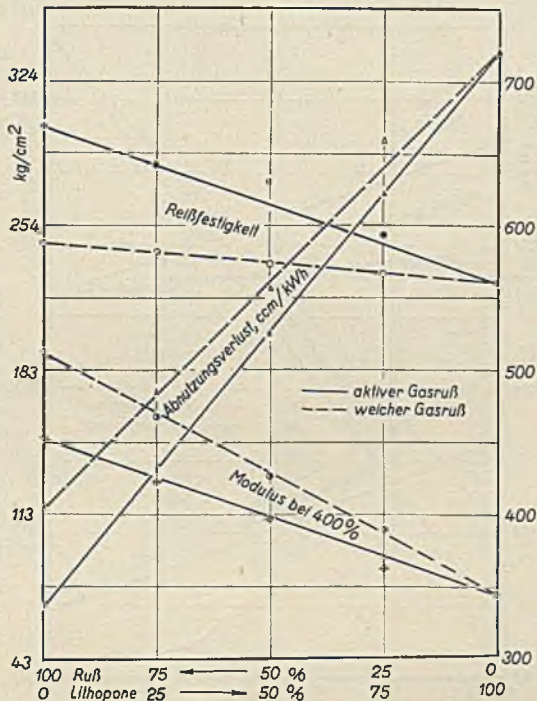


Abb. 166. Festigkeitseigenschaften von Mischungen, die gleichzeitig Ruß und Lithopone enthalten

eines Sandstrahlgebläseschlauches mit den Arbeitsbedingungen eines Reifens auf der Straße unvergleichbar sind.

**Die Messung der Abnutzung im Laboratorium.** Die Aufgabe, die Abnutzung im Laboratorium zu messen, stößt dementsprechend auf nicht geringe Schwierigkeiten.<sup>92</sup> Die zur Prüfung der Abnutzungsfestigkeit geschaffenen Vorrichtungen lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

1. solche, bei denen eine feste raue Oberfläche über ein Kautschukmuster schleift, wobei entweder diese Oberfläche selbst oder das Muster angetrieben

sammenhänge noch roh, und nur dort von Gültigkeit, wo alle Festigkeitseigenschaften durch einen Füllstoffzusatz in demselben Sinne beeinflusst werden. Es soll auf sie kurz auf S. 267 eingegangen werden.

<sup>92</sup> Zur näheren Kenntnisnahme der prinzipiellen Schwierigkeiten siehe z. B. die Arbeiten: H. A. Dewey, »An Explanation of some of the Difficulties in Abrasion-Testing of Rubber« (Proc. A.S.T.M. 28 II (1928) S. 871) und V. A. Cosler, »The Abrasion Question« (Symposium on Rubber der A.S.T.M., Philadelphia, Pa., 1932) bzw. I.R.J. 84 (1932) S. 231



wird, oder auch beide gleichzeitig. Die prinzipiellen Merkmale einer Reihe solcher Apparate sind unter Fortlassung konstruktiver Einzelheiten in Abb. 168 gezeigt;

2. in solche, bei denen das Muster in einem Gefäß, allseitig von lose aufgeschüttetem Schleifmittel gleichförmiger Korngröße umgeben, bewegt wird. Der Boden des Gefäßes ist bei diesem in Abb. 169 gezeigten Apparat als Sieb ausgebildet, durch das selbsttätig und kontinuierlich diejenigen Karborundum-

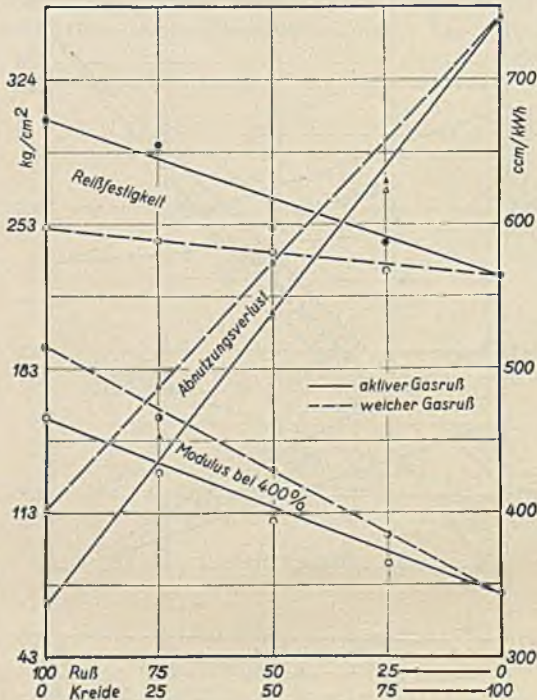


Abb. 167. Festigkeitseigenschaften von Mischungen, die gleichzeitig Ruß und Kreide enthalten

körner abgeseibt werden, die durch Reibung an Gummimuster oder Achse in ihrer Größe unter eine bestimmte Grenze reduziert sind. Gleichzeitig mit dem Versuchsmuster rotiert eine Standardprobe, auf die der Abreibungsverlust bezogen wird.

Keine der zahlreichen, bisher vorgeschlagenen Maschinen ist in der Lage, für alle Arten der Abnutzung die praktischen Arbeitsbedingungen zu duplizieren und die Leistungsfähigkeit aller Arten auf Abnutzung beanspruchter Gummiwaren mit Sicherheit vorauszusagen. Es erscheint heute sogar prinzipiell unmöglich, einen solchen Apparat zu konstruieren.

Prüft man daher ein und dieselbe Mischung auf einer Reihe von Abnutzungs-  
maschinen, so gelangt man zu einem erstaunlichen Mangel an Übereinstimmung. Ein lehrreiches Beispiel nach dieser Richtung wurde z. B. von I. M. Bierer und C. C. Davies geliefert<sup>93</sup>, die fünf verschiedene Mischungen auf sieben Apparaten verglichen (Tabelle XI).

<sup>93</sup> Trans. I.R.I. 3 (1927) S. 151. (Die Mischungen selbst sind vom heutigen Standpunkt teilweise etwas veraltet.)

Tabelle XI

Mischungen	Lauf- flächen- mischung	Förder- band decke	Absatz- mischung 1. Güte	Absatz- mischung 2. Güte	Sandstrahl- gebläse- schlauch
<b>Gewichtsteile</b>					
Füllstoff					
Smoked Sheet	60	35	12	—	80
Alkali-Reifenregenerat	6	25	24	24	—
Vollreifen-Ölregenerat	—	—	24	24	—
Schwefel	2,38	1,5	1,5	1,25	2,5
Aethylidenanilin	0,3	—	—	—	0,5
Diphenylguanidin	0,5	—	—	—	—
Mercaptobenzothiazol	—	0,25	—	—	—
Phenyltolylguanidin	—	—	0,25	0,25	—
Stearinsäure	—	0,25	—	—	—
Fichtenteer	0,75	—	2	2	—
Mineral-Rubber	—	5	8	10	—
Zinkoxyd	10	5	—	—	17
Gasruß	20	—	—	—	—
Kreide	—	28	28,25	38,5	—
	100	100	100	100	100

Maschine	Prinzip. Abbildung	Lauf- flächen- mischung	Förder- band- decke	Absatz- mischg. 1. Güte	Absatz- mischg. 2. Güte	Sandstrahl- gebläse- schlauch
New Jersey Zinc Co.						
Quarzscheibe	168c	100	22	29	66	15
Feldspatscheibe	168c	100	18	12	28	13
Intermittierende Abnutzg.	168c	100	26	18	11	54
Akron Standard Mold	168f	100	35	31	27	5500
B. F. Goodrich Co.	169	100	14	11	7	114
U. S. Rubber Co.	168b	100	39	27	20	38
Boston Woven Hose Co.*	—	100	40	20	9	200

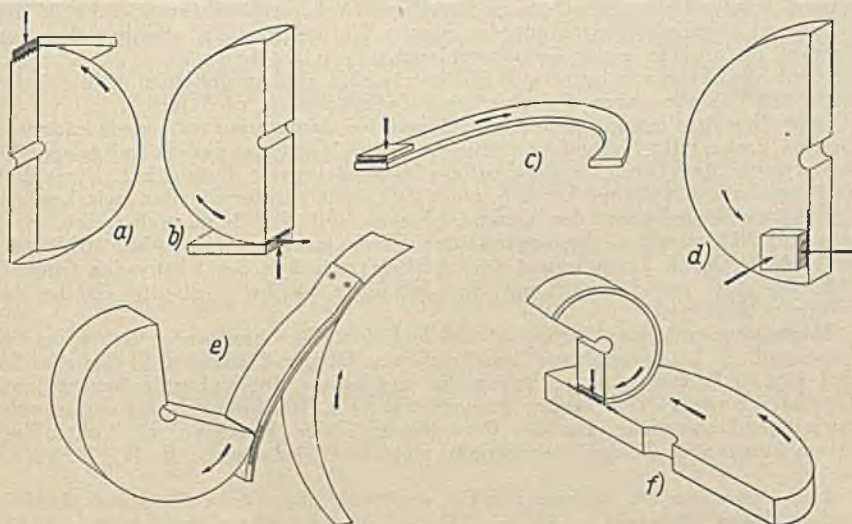


Abb. 168. Prinzip der Anordnungen zur Abnutzungsprüfung

a) Singler-Holt- oder Bureau of Standards-Maschine, b) United States Rubber Co.-Maschine, c) New Jersey Zinc Co.-Maschine, d) Du Pont-(Williams)-Abnutzungsmesser, e) Kelley-Maschine, f) Dunlop (Lambourn)-Maschine

\* Bei dieser Maschine bläst ein Sandstrahl gegen das Muster. Sie ist eher mit der Sproul-Evans-Maschine (Abb. 169) vergleichbar.



Wenn auch alle Maschinen richtig die Erfahrung bestätigen, daß ein Absatz aus Laufflächenmischung bessere Resultate liefern würde als die gebräuchlichen Absatzqualitäten, zeigen sie andererseits — im Widerspruch mit der Praxis — für die minderwertige Absatzqualität oft bessere Werte als für die hochwertige. In der Bewertung des Gebläseschlauches gehen schließlich die Angaben der Maschinen vollständig auseinander.

Der Mangel an Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der einzelnen Maschinen hat den Kautschukfachleuten zu Anfang viel Enttäuschung bereitet. Hat man jedoch die eingangs dargelegten prinzipiellen Schwierigkeiten der Messung erkannt und sich von der Idee losgesagt, eine für alle Fälle gültige Maschine zu konstruieren, so kann im Gegenteil die Verschiedenheit des Abnutzungsmechanismus auf den einzelnen Maschinen von Vorteil sein. Es ist nur notwendig, durch Vergleich mit Ergebnissen praktischer »service tests«, unter den Maschinen diejenige herauszufinden, die den betreffenden Beanspruchungen am nächsten kommt. Freilich sind solche Versuche außerordentlich langwierig. Trotz der intensiven Bemühungen zahlreicher Fachleute und eines besonderen Ausschusses der American Society for Testing Materials sind die Verhältnisse erst für den Fall von Laufflächenmischungen näher studiert. Es braucht allerdings nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß gerade dieser Fall die Kautschukindustrie lebhaft interessiert, da jährlich große Vermögenswerte gespart werden könnten, wenn man die langwierigen und wegen der Unersaßbarkeit des Straßenzustandes nur schwer zu standardisierenden Fahrversuche durch viel billigere und schnellere Laboratoriumsmethoden ersetzen könnte.



Abb. 169. Prinzip der Sproul-Evans (Goodrich) Abnutzungsprüfung

Schon aus der Anschauung folgt, daß die in Abb. 168 im Prinzip gezeigten Maschinen die Arbeitsbedingungen eines Reifens auf der Straße zu duplizieren suchen, während die Sproul-Evans-Maschine (Abb. 169) ebenso wie die in der Tabelle XI erwähnte Einrichtung der Boston Woven Hose Co. offenbar eher den Vorgang im Inneren eines Gebläseschlauches wiedergeben.

Nicht alle Apparate der ersten Kategorie sind aber in gleichem Maße in der Lage, mit Fahrversuchen übereinstimmende Ergebnisse zu liefern.

Gute Übereinstimmung liefern Maschinen, bei denen eine rotierende rädchenförmige Probe mit »Schlupf« auf einer gleichfalls rotierenden Schmirgelscheibe läuft, wobei der Druck in der Auflagefläche definierte Größe hat. Diese Bedingungen eines »Schlupfes«, d. h. eines definierten Unterschiedes zwischen der Umfangsgeschwindigkeit des Gummirädchens und der Schmirgelscheibe, wird in erster Näherung bei der sogenannten Winkelmaschine (vgl. Abb. 168 f) verwirklicht.<sup>96</sup> Durch Veränderung des Winkels zwischen der Ebene des Gummirädchens und der Laufrichtung der Schmirgelscheibe wird die Größe des Schlupfes variiert.<sup>97</sup>

Noch genauer kontrollierbar ist die Bedingung des konstanten Schlupfes bei der von L. I. Lambourn<sup>98</sup> beschriebenen Dunlop-Maschine. In Tabelle XII sind für 10 Laufflächenmischungen die Ergebnisse der Laboratoriumsprüfung, Ergebnissen von Fahrversuchen gegenübergestellt. Die Übereinstimmung ist sehr befriedigend. Ähnliche, für die Brauchbarkeit der Maschine mit kontrollierbarem konstanten Schlupf sprechende Resultate förderten z. B. De France

<sup>96</sup> Eine Maschine auf diesem Prinzip wird von der Akron Standard Mold in den Handel gebracht.

<sup>97</sup> Eine Analyse der herrschenden Kraftverhältnisse gab für diese Maschine W. W. Vogt (Ind. Engng. Chem. 20 [1928] S. 302), während ein sorgfältiger Vergleich mit Fahrversuchen für verschiedene Laufflächenmischungen von I. H. Tronson und A. W. Carpenter (Proc. A.S.T.M. 31 II [1931] S. 908) durchgeführt wurde.

<sup>98</sup> Trans. I.R.I. 4 [1928] S. 210

und Krantz<sup>100</sup>, Sanderson<sup>101</sup> und andere. Alle diese Maschinen versagen jedoch bei untermischten Mischungen, wo sie durchweg zu gute Resultate anzeigen.

Tabelle XII

Vergleich der Ergebnisse von Fahrversuchen mit der Prüfung auf einer Maschine mit konstantem kontrollierbarem Schlupf von 16% (nach L. I. Lambourn)

Laufflächenmischung	Relativer Abnutzungsverlust (Mischung A in beiden Fällen gleich 100 gesetzt)	
	Labor.	Straße
A	100	100
B	139	130
C	150	142
D	200	225
E	95	93
F	117	117
G	92	92
H	206	215
I	100	100
K	67	82

»Aktive« und »inaktive« Füllstoffe. Es erschien notwendig, die mit der Messung der Abnutzungsfestigkeit im Zusammenhang stehenden Fragen vorzuschicken, ehe man die Ergebnisse zusammenstellt, die in bezug auf die Veränderung des Abnutzungswiderstandes durch Füllstoffe gefördert worden sind. Denn einmal haben die einzelnen Experimentatoren verschiedene Maschinen benutzt, wodurch die Ergebnisse nicht immer unmittelbar vergleichbar sind. Ein andermal ist die »Abnutzungsfestigkeit«, wie wir sahen, keine einheitliche und definierte Materialeigenschaft, so daß stets der Charakter der Mischung und deren Verwendungszweck im Auge behalten werden müssen. Wohl die erste umfangreiche systematische Untersuchung über die Wirkung steigender Zusätze der gebräuchlichen Füllstoffe hat H. W. Greider<sup>102</sup> veröffentlicht. Greider bediente sich des Sproul-Evans-Verfahrens (Abb. 169), das mit dem in Deutschland bekannten von W. Mai Ähnlichkeit hat.<sup>103 104</sup>

Die Grundmischung enthielt auf 100 Volumina Gummi 0,8 Vol. Zinkweiß, 2,4 Vol. Schwefel und 0,8 Vol. (1 Gewichtsteil) Hexamethylen-tetramin. Zu dieser Mischung wurden nun steigende Mengen Gasruß, leichtes Magnesiumkarbonat, Kaolin, Zinkweiß, Lithopone und kolloidales Bariumsulfat hinzugegeben. Der Test wurde möglichst weitgehend standardisiert. Der Abrasionsindex bedeutet den reziproken Wert des prozentuellen Volumenverlustes während einer bestimmten Zeit; er ist ein Maß für den Abnutzungswiderstand.

<sup>100</sup> loc. cit. S. 257

<sup>101</sup> loc. cit. S. 256

<sup>102</sup> Ind. Engng. Chem. 15 (1923) S. 504

<sup>103</sup> Handb. d. Kautschukw. (Leipzig 1930) S. 670

<sup>104</sup> Wie schon oben erwähnt, ähnelt der Beanspruchungsfall in diesem Apparat eher dem in einem Sandstrahlschlauch als auf der Lauffläche eines Reifens. Auch sollen die Anzeigen, da die Abnutzung ohne Druck vor sich geht, besonders härte- und elastizitätsempfindlich sein.



Greiders Ergebnisse sind in Abb. 170 gezeigt. Genau so, wie aus den analogen und der gleichen Veröffentlichung entnommenen Kurven der Reißfestigkeit (Abb. 147) und der Widerstandsenergie (Abb. 148) hervorgeht, kann man Füllstoffe unterscheiden, die den Abnutzungswiderstand der Mischung (gegenüber der Basismischung) erhöhen, und wieder andere (Schwerspat, Lithopone), die ihn erniedrigen. Die Ähnlichkeit zwischen den Kurven der Reißfestigkeit, der Widerstandsenergie und des Abnutzungswiderstandes ist unverkennbar. Die Füllstoffe ordnen sich in bezug auf diese drei Festigkeitskriterien in der gleichen Reihenfolge an.

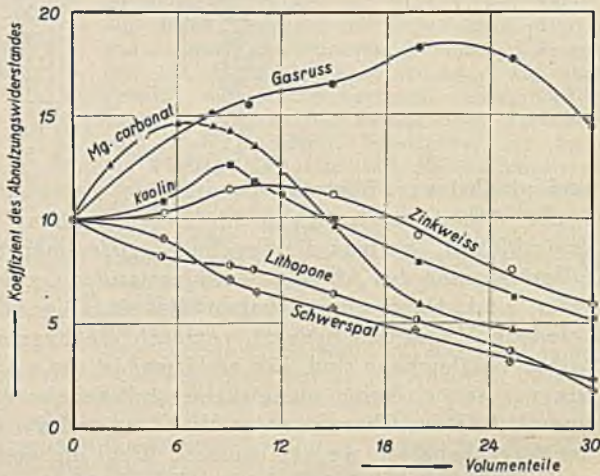


Abb. 170. Abnutzungswiderstand als Funktion des Füllstoffgehalts

Einen befriedigenden Zusammenhang zwischen der Abnutzungsfestigkeit und der Widerstandsenergie erhält man allerdings erst, wenn man nach Greider noch die Härte der einzelnen Mischungen mit in Betracht zieht. In Abb. 171 ist die Abnutzungsfestigkeit daher als Funktion des Produktes aus Widerstandsenergie und Härte aufgetragen. Es ergibt sich (für die Konzentration der maximalen Verstärkung) ein sehr befriedigender linearer Zusammenhang.

Aus Abb. 170 geht weiter hervor, daß im wesentlichen nur Gasruß seine Fähigkeit, den Abnutzungswiderstand zu verbessern, bis in höhere Konzentrationen hinein bewahrt. Dies wird auch durch Angaben der letzten Spalte von Tabelle XV<sup>105</sup> (Seite 263) bestätigt, die uns gleichzeitig Kenntnis vermitteln über das Abrasionsverhalten von Mischungen mit 23 Volumprozent Gehalt an einer Reihe weiterer gebräuchlicher Ingredienzien.

Bis auf das Verhalten der Lithopone stimmen die Angaben der Tabelle XV mit denen der Abb. 170 bei höheren Konzentrationen überein.

<sup>105</sup> Vanderbilt News, 3 (Mai/Juni 1933)

*Die Ruße.* Eine bessere Kenntnis des Abrasionsverhaltens verschiedener Rußarten (vgl. Klassifizierung, Seite 228) haben uns Arbeiten von N. Goodwin und C. R. Park<sup>106</sup> ebenso wie W. B. Plummer und D. J. Beaver<sup>107</sup> vermittelt. Sie zeigten, daß durch thermische Zersetzung von Naturgas gewonnene Ruße nur geringe Verbesserung des Abnutzungswiderstandes hervorbringen. Auf der anderen Seite wiesen sie nach (Abb. 172), daß die Überlegenheit des im Kanalprozeß gewonnenen Rußes gegenüber Rußen, die durch Verbrennung von Naturgas

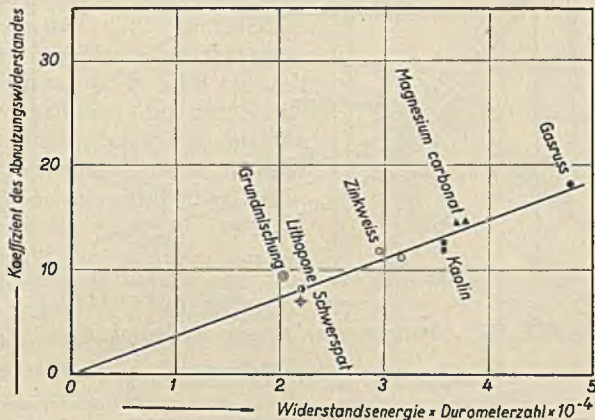


Abb. 171. Abnutzungswiderstand als Funktion von Widerstandsenergie und Härte der Mischung

bei hoher Temperatur erhalten wurden (Goodwin, Fumonex), oder gegenüber guten Ölrüßen<sup>108</sup> (Charlton) nicht so groß ist, wie aus der Verschiedenheit der Widerstandsenergie (vgl. Abb. 155) zu erwarten wäre. Speziell für den Fall der Ruße scheint auch die von Greider gefundene Beziehung (Abb. 171) nur bedingt zu gelten.

Dagegen steht das Verhalten der *Zinkweiße* verschiedener Teilchenfeinheit in guter Übereinstimmung mit ihrer verstärkenden Wirkung. Die Abnutzungsfestigkeit einer Mischung, die 20 Volumina Zinkweiß auf 100 Volumina Gummi enthält, wächst linear mit der speziellen Oberfläche der Füllstoffteilchen.<sup>109</sup>

*Regenerat.* Beträchtliches Interesse erweckt die Frage nach dem Wert des Regenerats in Mischungen, die auf Abnutzung beansprucht werden. Auf Grund von Laboratoriumsversuchen wies W. W. Vogt<sup>110</sup> darauf

<sup>106</sup> Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 621, 706, 1088

Abnutzungsmaschine: Akron Standard Mold, Winkel 40°, Abrasivscheibe durch das Gummimuster angetrieben, Druckkraft: 2,5 kg.

<sup>107</sup> Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 895; Williams (Grasselli) Abnutzungsmaschine.

<sup>108</sup> Jedoch geben nicht alle Ölrüße so gute Abnutzungszahlen. Vielleicht spielt bei den Messungen, die der Abb. 172 zugrunde liegen, die Härte eine wesentliche Rolle, wobei die Ruße, die weiche Mischungen geben (thermat. Ruße), entsprechend ungünstigere Resultate liefern.

<sup>109</sup> G. S. Haslam, loc. cit. S. 233 und 262

<sup>110</sup> Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 140



hin, daß der Kautschukkohlenwasserstoffgehalt des Regenerats in Laufflächenmischungen einen gewissen Wert darstellt, der je nach der verwandten Menge zwischen 0 und 50% des Neugummiwertes beträgt. C. W. Sander<sup>111</sup> hat durch umfangreiche Laboratoriums- und Fahrversuche die Frage näher geklärt (Tabelle XIII).

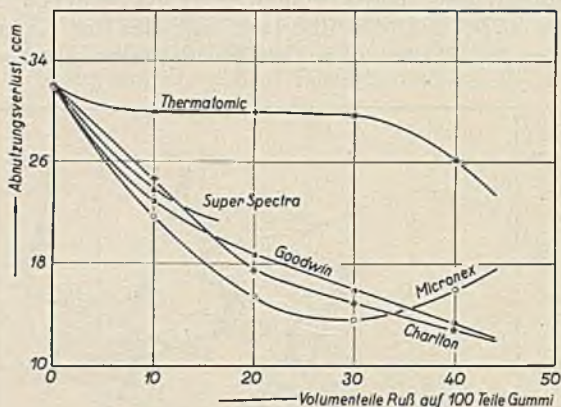


Abb. 172. Abnutzungsverlust von Rußmischungen

Tabelle XIII (Laufflächenmischung)

Verteilung des Gesamtkohlenwasserstoffes der Mischung auf	Regenerat* Kohlenwasserstoff	Relative Abnutzungs-festigkeit (aus Fahr-versuchen ermittelt)	Bewertungsfaktor für den Kautschukkohlenwasserstoff des Regenerats in % des Abnutzungsverlustes von Neugummi
Neu(Roh)gummi %	%		
100	0	100	—
95	5	91	negativ
90	10	87	negativ
85	15	84	7
75	25	77	16
50	50	63	30
25	75	55	41
0	100	50	50

Während man bis zu etwa 15% des Neugummi durch Regenerat-Kohlenwasserstoff ersetzen kann, ohne daß die Widerstandsenergie der Mischung sich merklich verringert, fällt der Abnutzungswiderstand sofort ab. Es muß auf Grund des jeweiligen Rohgummi- und Regeneratpreises stets sorgfältig erwogen werden, ob sich die Substitution vom Standpunkt der Leistung des Reifens lohnt. Die in Tabelle XIII gegebenen Werte geben einen Anhaltspunkt hierfür.

**Erweichungsmittel.** Entgegen einer Reihe von Feststellungen muß wohl als sicher angenommen werden, daß der Zusatz von Erweichungsmitteln, sofern er über eine gewisse Konzentration hinausgeht, der Abnutzungs-festigkeit einer Laufflächenmischung Abbruch tut. Diese kritische Konzentration ist etwa diejenige, die erforderlich ist, um den Beschleuniger

<sup>111</sup> I. R. W. 80 (1929) Nr. 4 S. 53; Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 939; I. R. W. 83 (1931) Nr. 1 S. 73

\* Alkali Whole Tire Reclaim, 55% Kautschukkohlenwasserstoff enthaltend.

zu aktivieren und eine homogene Dispersion der Füllstoffe zu begünstigen. Für Stearinsäure dürfte sie in captaxbeschleunigter Rußmischung etwa 4% auf den Gummigehalt betragen.

Für Fichtenteer, Mineral-Rubber und Stearinsäure haben de France und Krantz<sup>112</sup> die Verhältnisse eingehend untersucht. Für bis 16 Gewichtsteile (auf 100 Kautschuk) ansteigenden Gehalt an Fichtenteer ist das Abrasionsverhalten einer Laufflächenmischung in Abb. 173 veranschaulicht. Es sind die Ergebnisse einer Serie von Fahrversuchen und von vier Laboratoriumsversuchsreihen aufgetragen. Die Basismischung (s. S. 239) enthielt bereits 4% Stearinsäure auf den Kautschukgehalt. Für steigende Zusätze von Fichtenteer und Mineral-Rubber sind die Ergebnisse praktischer Fahrversuche auch in Abb. 157 im Zusammenhang mit den anderen Festigkeitseigenschaften der Mischung dargestellt. Der Abfall der Abnutzungsfestigkeit ist bei Fichtenteer stärker als bei Mineral-Rubber. Er geht mit der erweichenden Wirkung der Stoffe etwa parallel.

In großen Mengen zugesetzt, erniedrigt Faktis, zumal weißer Faktis, den Abnutzungswiderstand der Mischung sehr stark. Von dieser Eigenschaft wird ausgiebig bei der Radiergummifabrikation Gebrauch gemacht.

**Kombinationen von Füllstoffen.** Im Bereich geringer Konzentrationen verhalten sich die Füllstoffe in ihrer Wirkung auf den Abnutzungswiderstand meist additiv. Geht man zu höheren Füllstoffkonzentrationen über, so tritt, wie auf Seite 246 dargelegt, eine gegenseitige Störung der Füllstoffe ein, so daß die Verhältnisse unübersichtlich werden. Für eine Gesamtkonzentration von 20 Volumina auf 100 Gummi sind die Verhältnisse in Abb. 164 bis 167 an Hand von acht Kombinationen zwischen inaktiven und aktiven Füllstoffen gezeigt.

**Selen.** Eine sehr bemerkenswerte verfestigende Wirkung auf Kautschukmischungen hat das Selen. Es ist anzunehmen, daß sich der Mechanismus dieser Verstärkung von dem durch feinverteilte Füllstoffe unterscheiden muß, und wahrscheinlich auf eine Verfestigung der Kautschukmatrix hinausläuft. C. R. Boggs und E. M. Follansbee<sup>114</sup> sowie J. M. Bierer und C. C. Davies<sup>116</sup> wiesen in um-

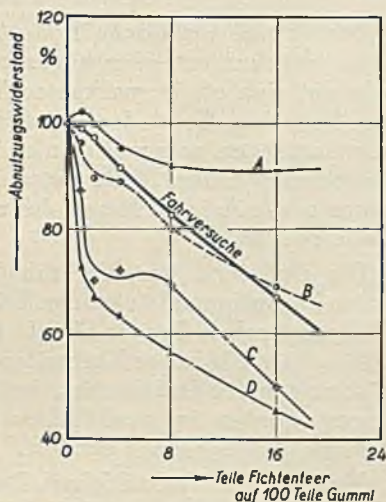


Abb. 173. Beeinflussung der Abnutzungsfestigkeit einer Laufflächenmischung durch steigende Zusätze eines Erweichungsmittels

- A . . . Goodyear-Maschine
- B . . . 30 % Schlupf-Maschine
- C . . . 20 ° Winkelmaschine
- D . . . Williams-Abnutzungsprüfer

<sup>112</sup> Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 824

<sup>114</sup> Trans. I.R.I. 2 (1926/27) S. 272

<sup>116</sup> Ruber Age, N. Y., (10. April 1926)



fangreicher experimenteller Arbeit nach, daß der Zusatz von etwa 1% Selen besonders dazu geeignet ist, die Abnutzungsfestigkeit von Kautschukmischungen zu erhöhen.<sup>115</sup>

### e) Die Kerbzähigkeit <sup>117</sup>

(Widerstand gegen Einreißen)

**Begriff und technische Bedeutung.** Die Kraft, die zum Weiterreißen einer angekerbten oder angeschnittenen Probe erforderlich ist, unterscheidet sich oft in markanter Weise von der normalen Reißfestigkeit des Materials. Setzt das Material diesem Weiterreißen großen Widerstand entgegen, so nennt man es kerbzähe. Kautschukmischungen sind in verschieden hohem Maße gegen das Kerben empfindlich, wobei Vulkanisation sowie Art und Menge der zugemischten Füllstoffe eine wesentliche Rolle spielen.

Die Definition der Kerbzähigkeit, als der Unempfindlichkeit eines unter Zugspannung stehenden Körpers gegen Verletzungen seiner Oberfläche, ist schon Beweis für die technische Wichtigkeit dieser Materialeigenschaft. Ein hoher Kerbwiderstand ist anzustreben z. B. bei Schlauchmischungen für Pneumatiks, bei Elastikreifen usw. Zahlreiche Gummwaren werden im praktischen Gebrauch durch Überschreitung ihrer Kerbzähigkeitsgrenzen zerstört.

**Messung der Kerbzähigkeit.** Dennoch ist die praktische Bedeutung der Kerbzähigkeit erst verhältnismäßig spät in ihrem vollen Umfange erkannt worden. Methoden zu deren quantitativen Bestimmung wurden zuerst vor etwa zehn Jahren vorgeschlagen <sup>118</sup>, und auch heute noch besitzen wir hierfür kein vollauf befriedigendes, allgemein anerkanntes Verfahren.<sup>119</sup> Die Methoden zur Messung der Kerbzähigkeit ähneln einander mehr oder weniger. Sie laufen in den meisten Fällen darauf hinaus, daß ein geeignet geformtes Kautschukstück mit einem oder mehreren Einschnitten versehen wird. Die entstandenen Schenkel bzw. zwei entgegengesetzte Enden der Probe werden dann in die Backen eines Festig-

<sup>115</sup> Diese Tatsache ist von H. Rimpel, Kautschuk 7 (1931) S. 94, bestritten worden. R. behauptet, daß der Effekt des Selen nicht größer wäre als die Wirkung geeigneter Beschleuniger; und er würde lediglich durch die größere Härte der Mischungen mit Selen vorgetäuscht. — Die Diskrepanz liegt teilweise in der Verschiedenheit der benutzten Meßmethoden (vgl. W. Esch, Kautschuk 7 (1931) S. 190), und das Problem harht noch einer endgültigen Klärung durch praktische »service tests«. — Der ausgezeichnete Widerstand gegen Alterung und gegen Ermüdung selenhaltiger Mischungen wird an anderer Stelle dieses Buches erwähnt.

<sup>117</sup> Die in angelsächsischen Ländern gebräuchliche Bezeichnung »Tearing Resistance« ist prägnanter.

<sup>118</sup> Evans, I.R.J. 64 (1922) S. 815; E. C. Zimmerman, Rubber Age, N.Y., 12 (1922) S. 130. Eine ausführliche Zusammenstellung der vorgeschlagenen Methoden: Lefcaditis u. Cotton, Trans. I.R.I. 8 (1932) S. 346

<sup>119</sup> Vgl. hierzu die Ausführungen von J. Talalay, Kautschuk 9 (1933) S. 82 und 100

keitsprüfers eingespannt, und das Versuchsstück wird von der Kerbe ausgehend weiter zerrissen. Die Kerbzähigkeit wird meist im Kraftmaß angegeben, d. h. in kg (lbs.) Zerreißkraft pro Zentimeter (bzw. inch) Breite des Versuchsstücks.

In Abb. 174a—c sind drei der gebräuchlichsten Formen für das Prüfstück zusammengestellt. Wegen der Technik des Tests sei auf das Kapitel »Mechanische Prüfmethode« verwiesen. Infolge geometrischer Besonderheiten sind nach verschiedenen Methoden gewonnene Kerbzähigkeitswerte nicht unmittelbar miteinander vergleichbar.<sup>119</sup>

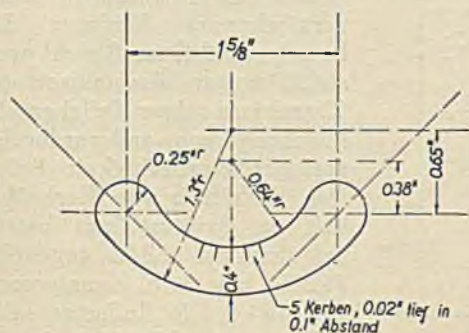


Abb. 174a. Winkelmann-(Goodrich)-Methode

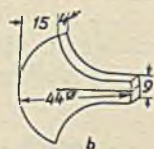


Abb. 174b. Verbesserte Heidensohn-Methode

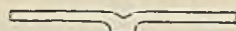
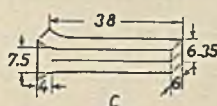


Abb. 174c. Lefcaditis-Cotton-Methode

**Kerbzähigkeit und verstärkende Wirkung.** Während die bisher behandelten Festigkeitseigenschaften, wie Widerstandsenergie, Abnutzungsfestigkeit und selbst Modulus oder Härte, mehr oder weniger befriedigend mit den Anschauungen der verstärkenden Wirkung erklärt werden konnten, versagen diese Anschauungen bei der Kerbzähigkeit oft vollständig. Neben der Feinheit des eingemischten Füllstoffs und der Größe der durch Kautschuk benetzten Oberfläche, scheint für diese Eigenschaft auch die Gestalt der Füllstoffteilchen und die Beschaffenheit ihrer Oberfläche eine entscheidende Rolle zu spielen. Ganz allgemein geben Ingredienzien mit anisotropen, scharfkantigen Teilchen Vulkanisate von nur geringem Kerbwiderstand.

In Tabelle XIV sind für eine Mischung vom Laufflächentyp, die mit fünf verschiedenen verstärkenden Füllstoffen hergestellt wurde, die Festigkeitseigenschaften zusammengestellt. Die aktiven Füllstoffe (vier Rußsorten und ein kolloidales Kaolin) waren in der Konzentration verwandt worden, bei der sie das Maximum ihrer verstärkenden Wirkung zu entwickeln pflegen, d. h. die Ruße bei einer Konzentration von etwa 38 Gewichtsprozenten auf Gummi, das Kaolin bei 31,2 Gewichtsprozenten.



Tabelle XIV<sup>110</sup>

Verstärkender Füllstoff	Vulkanisationszeit Minuten	Reißfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Bruchdehnung %	Festigkeitsprodukt kg <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> · 10 <sup>-4*</sup>	Modulus bei 400 % Dehnung	Kerbzähigkeit kg/cm
Kanalprozeß-Gasruß (Micronex) . . .	60	280	673	18,86	90	68,0
kolloidales Kaolin (Stockalite) . . .	60	278	678	18,80	84	3,85
thermatomischer Ruß (P-33) . . . . .	40	252	677	17,04	68	25,0
inaktiver Gasruß (Fumonex) . . . .	40	236	588	13,88	110	35,2
Ölruß . . . . .	40	219	562	12,28	122	21,5

Kerbzähigkeit und Reißfestigkeit dieser fünf Mischungen sind als Funktion der Vulkanisationszeitdauer in Abb. 175 aufgetragen.

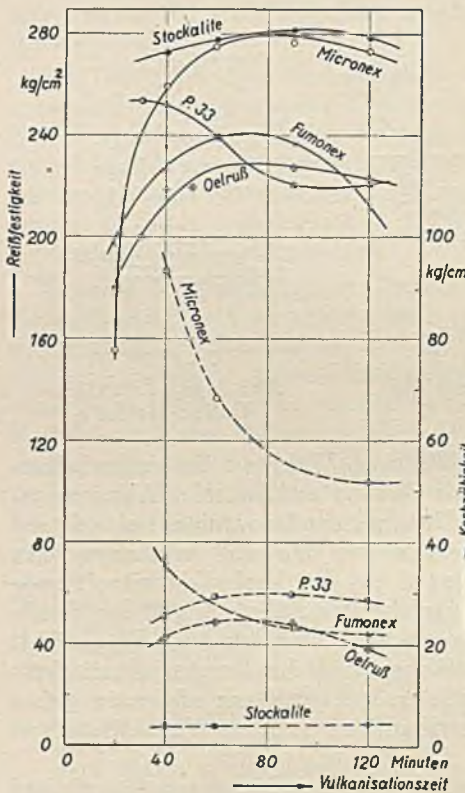


Abb. 175. Reißfestigkeit und Kerbzähigkeit von Ruß- und Kaolinmischung

Es erweist sich, daß das kolloidale Kaolin, daß in seiner verstärkenden Wirkung dem Kanalprozeß-Gasruß nicht nachsteht, wegen des anisotropen Charakters seiner Teilchen eine Mischung von außerordentlich geringer Kerbzähigkeit liefert. Das Verhältnis von Kerbzähigkeit zu Reißfestigkeit beträgt bei ihm nur 1,4% gegenüber 24,2% bei dem Kanalprozeß-Gasruß.<sup>120</sup> Die Rußarten selbst ordnen sich hingegen in der Reihenfolge ihrer verstärkenden Wirkung an.



Abb. 176. Kerbzähigkeit von Mischungen mit anisotropem (Acicular) und mit nicht anisotropem (Non acicular) Zinkweiß

\* Grundmischung; 100 smoked sheets, 5 Zinkweiß, 1 Stearinsäure, die im Falle des Stockalite in Fortfall kam, 3 Schwefel, 1 Beschl. »Ureka«, 0,5 Formaldehydanilin.

<sup>120</sup> Ein anschauliches Beispiel von dem Einfluß der Teilchenform auf die Kerbzähigkeit gab M. K. Easley (Rubber Age, N. Y., 33 (1933) S. 103), der ein isotropes (non acicular) und ein anisotropes Zinkweiß (acicular)

Jedoch nicht nur die zum Einreißen erforderliche Kraft, auch der Charakter des Reißvorganges ist bei den einzelnen Stoffen verschieden. Während die kaolinhaltige Mischung einen glatten RiB in Fortsetzung des Einschnittes liefert (Abb. 177) und man auf dem Registrierpapier eigentlich nur zwei Spitzen erkennen kann (Abb. 178), dem Beginn und dem Ende des Reißvorganges entsprechend, kann man bei dem Muster mit aktivem Gasruß mindestens 13mal eine »Verknötung« feststellen (Abb. 179). Der Reißweg ist baumartig verzweigt (Abb. 180).<sup>121</sup>



Abb. 177. Glatter Reißweg bei einer Mischung geringer Kerbzähigkeit (Kaolin)

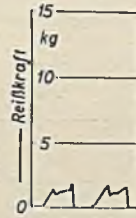


Abb. 178. Zwei Kraftregistrierungen des ZerreiBvorganges bei einer Mischung geringer Kerbzähigkeit (Kaolin) (vgl. Abb. 177)

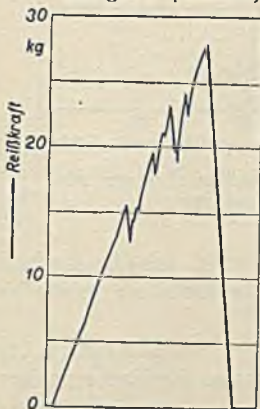


Abb. 179. Kraftregistrierung des ZerreiBvorganges der Abb. 180



Abb. 180. »Verknoteter« Reißweg bei einer Mischung hoher Kerbzähigkeit (Kanalprozeß-Gasruß)

von etwa der gleichen Teilchengröße verglich. Während die Reißfestigkeit der mit anisotropem Zinkweiß hergestellten Mischungen eher etwas höher war, war ihre Kerbzähigkeit, wie aus Abb. 176 hervorgeht, bei Konzentrationen über 10% wesentlich geringer als die der Mischung mit dem isotropen Füllstoff.

Es muß jedoch bemerkt werden, daß die Teilchenform allein nicht in allen Fällen zur Erklärung eines merkwürdigen Verhaltens in bezug auf die Kerbzähigkeit ausreichend ist.

<sup>121</sup> Beim »hand-tear-test« (wegen dessen Technik vgl. Diskussionsbemerkung R. P. Dinsmore, I.R.I. Trans. 4 (1928) S. 104) wird offenbar diese Neigung zum »Verknoten« instinktiv mitberücksichtigt, wodurch diese Methode zur Bestimmung der »richtigen« Vulkanisation oft empfindlicher ist als Maschinenteste.



Der Einfluß der Füllstoffkonzentration auf die Kerbzähigkeit ist im Bereich bis zu etwa 15 Volumenteilen auf 100 Teile Gummi von Lefcaditis<sup>122</sup> untersucht worden. Er fand, daß die Wirkung der Füllstoffe in diesem Bereich (mit Ausnahme des Zinkweiß) nahezu linear mit deren Konzentration geht (Abb. 181). Aktiver Gasruß und in einem geringeren Maße thermatomischer Ruß (P. 33) und Zinkweiß W. S.<sup>123</sup> erhöhen die Kerbzähigkeit. Magnesiumkarbonat und in noch stärkerem Maße die Kaoline setzen die Kerbzähigkeit ganz empfindlich unter diejenige der füllstofffreien Mischung herab.<sup>125</sup>

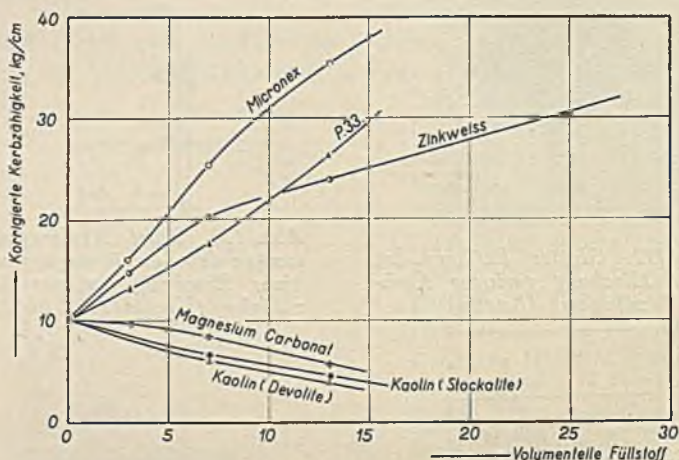


Abb. 181. Kerbzähigkeit von Kautschukmischungen als Funktion ihres Füllstoffgehalts

Bei einem Gemisch aus Gasruß und Kaolin ist die Kerbzähigkeit kleiner als aus dem additiven Durchschnittsgesetz zu erwarten wäre (Abb. 182).<sup>124</sup>

Die Wirkung der Mischungsstoffe in höheren Konzentrationen auf die Kerbzähigkeit ist noch nicht genau studiert worden. Ganz

<sup>122</sup> Trans. I.R.I. 9 (1933) S. 67

<sup>123</sup> Wie G. S. Haslam (loc. cit. S. 233) zeigte, erhöht Zinkweiß die Kerbzähigkeit einer Mischung um so mehr, je feiner seine Teilchen sind. Der Zusammenhang zwischen Kerbzähigkeit und Oberflächenentfaltung ist für eine Konzentration von 20 Vol.% des Füllstoffs linear. Und zwar ist die Kerbzähigkeit bei einem Zinkweiß von 0,13  $\mu$  mittlerer Teilchengröße mehr als doppelt so groß wie bei einem Zinkweiß von 0,87  $\mu$  mittlerer Teilchengröße.

<sup>124</sup> G. D. Lefcaditis u. F. H. Cotton, Trans. I.R.I. 8 (1932) S. 379

<sup>125</sup> Versuche, durch Oberflächenbehandlung oder durch Glühen die Kerbzähigkeitseigenschaften der Kaoline zu verbessern (Lefcaditis, loc. cit. Fußnote <sup>122</sup>), bleiben ohne Erfolg. Eine nicht so starke Herabsetzung der Kerbzähigkeit gegenüber der Grundmischung erhält man, wenn man das Kaolin in Latex einmischt, statt es auf dem Walzwerk zuzugeben. — Über Versuche mit schellackhaltigen Latexfilmen siehe F. Kirchoff, Kautschuk 9 (1933) S. 130

allgemein scheint jedoch die Verbesserung der Kerbzähigkeit durch Füllstoffe bis in höhere Konzentrationen sich fortzusetzen als die Erhöhung der Widerstandsenergie. Wie aus Abb. 176 hervorgeht, erreicht eine Zinkweißmischung erst bei 35 Volumenteilen auf 100 Teile Gummi ihre maximale Kerbzähigkeit. Abbildung 184 zeigt, daß Kaolinmischungen bei etwa 15 Volumenteilen dieses Füllstoffs ein Minimum erreichen. Bei einem weiteren Zusatz (bis zu 60 Volumprozent) tritt keine weitere Verschlechterung der Kerbzähigkeit ein. Nach Angaben von Esch<sup>124a</sup> wird bei Kanalprozeß-Gasruß ein Maximum der Kerbzähigkeit erst bei rund 27 Volumprozent Zusatz erzielt.

Für 23 Volumenteile auf 100 Teile Gummi und eine schwefelarme ultrabeschleunigte Mischung † wurden für die gebräuchlichsten Mischungsstoffe die folgenden Kerbzähigkeitswerte gemessen (Tabelle XV):

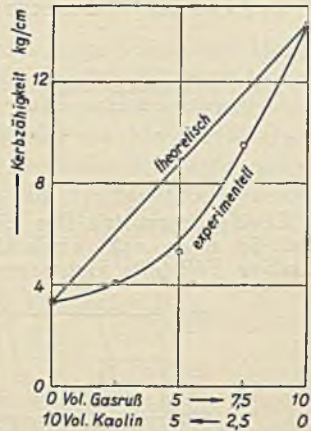


Abb. 182. Kerbzähigkeit eines Füllstoffgemisches

Tabelle XV

Füllstoff	Gewichtsteile auf 100 Gummi	Kerbzähigkeit lbs/in (Halbmondmethode)	Reißfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Koeffizient des Abnutzungswiderstandes (Kelly-Maschine)
Kanalprozeß-Gasruß	41,4	759	329,8	256
Thermatomischer Ruß (P. 33)	41,4	496	298,8	132
Titandioxyd	90,6	332	242,6	188
Zinkweiß	130,0	320	279,1	181
Thermax	41,4	291	239,0	127
oberflächenbehandeltes Kalziumkarbonat (Kalite)	61,0	283	246,8	115
Blanc fixe	96,6	272	243,3	131
Lithopone	96,6	251	237,0	147
Grundmischung †	—	236	235,5	186
Mineral-Rubber	23,9	219	220,1	125
Magnesiumkarbonat	51,3	147	296,7	117
Dixie Clay (Kaolin)	59,8	143	265,1	135
Kreide	62,3	122	201,1	89
Talkum	59,8	89	174,4	67

Hervorzuheben ist die verhältnismäßig gute Kerbzähigkeit der Mischung mit 23 Volumina Blanc fixe. Hierauf basiert die Verwendung dieses Füllstoffs in Luftschlauchmischungen.

Ersatz von Rohgummi durch Regenerat setzt die Kerbzähigkeit einer Mischung herab. Der Wert seines Kohlenwasserstoffgehaltes ist für

<sup>124a</sup> Taschenbuch 1934

† Grundmischung: 50 smoked Sheets, 50 helle Crepe, 1 Stearinsäure, 1 Phenyl- $\beta$ -naphthylamin, 5 Zinkweiß, 0,5 Schwefel, 0,5 Selen (Vandex), 0,5 Mercapto-benzothiazol (Captax), 0,5 Tetramethylthiuram-disulfid (Tuads).



die Kerbzähigkeit einer Mischung etwa von der gleichen Größenordnung wie sein Wert für die Abnutzungsfestigkeit. Die folgende Tabelle XVI, die das veranschaulicht, ist nach Messungen von Carpenter und Sargisson<sup>126</sup> berechnet.

Durch Regeneratkohlenwasserstoff ersetzter Neugummi %*	Kerbzähigkeit kg/cm	Bewertungsfaktor für den K. K. W. des Regenerats in % des Neugummiwertes
0	115	—
20	101	35,5
40	87	37,5

**Erweichungsmittel.** Der Einfluß von Erweichungsmitteln auf die Kerbzähigkeit ist noch nicht eindeutig geklärt. Insofern als diese die Dispersion des aktiven Füllstoffs verbessern, müssen sie die Kerbzähigkeit erhöhen. Insofern

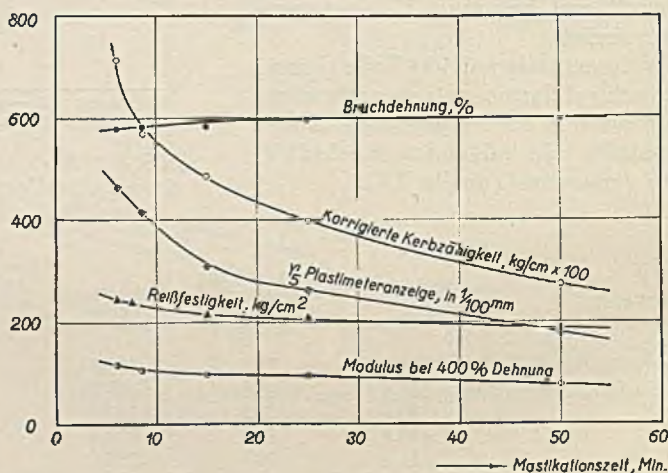


Abb. 183. Plastizität der rohen und Festigkeitseigenschaften der vulkanisierten Mischung als Funktion der Walzdauer

als der Zusatz von Erweichungsmitteln die Kautschukmatrix schwächt, müßte eine Verminderung des Kerbwiderstandes zu beobachten sein. Wie Tabelle XV zeigt, setzen 23% Mineral-Rubber die Kerbzähigkeit einer Grundmischung herab. H. A. Depew (Rubber Age, N. Y., 24 (1929) S. 378) konnte auf der anderen Seite keine Verschlechterung des Kerbwiderstandes einer Laufflächenmischung beobachten, wenn er ihr bis zu 16% eines Gemisches von Stearinsäure und Fichtenteer (1:1) zugab. De France und Krantz (loc. cit. S. 257) beobachteten sogar eine nicht unbedeutende Verbesserung des Kerbwiderstandes einer Laufflächenmischung durch (bis 16% auf Gummigehalt ansteigende) Zugabe von Fichtenteer und Mineral-Rubber. Dies steht im Widerspruch zu der teilweise schroffen Verschlechterung der anderen Festigkeitseigenschaften durch Erweichungsmittel in solcher Konzentration (vgl. S. 239 und S. 257).

<sup>126</sup> Proc. A.S.T.M. 31 II (1931) S. 897

\* Di-o-tolylguanidin-beschleunigte Laufflächenmischung mit 18,2 Gew.-Tln. Zinkweiß und 40 Gew.-Tln. Gasruß (inkl. des Rußgehalts des Regenerats) auf 100 Gew.-Tle. Kautschuk.

**Weitere Einflüsse.** Die Kerbzähigkeit einer Mischung ist außerordentlich empfindlich gegen alles, was den Aggregationsgrad der Kautschukmatrix verändert, so z. B. gegen die Mastikation, die Temperatur und die Dauer der Vulkanisation u. ä.

**Mastikationsgrad.** W. B. Wiegand<sup>127</sup> wies darauf hin, daß durch übermäßiges Walzen besonders stark die Kerbzähigkeit leidet. Lefcaditis<sup>122</sup> untersuchte diese Tatsache näher. Abb. 183 zeigt den Einfluß verschieden langer Mastikationsdauer auf die Plastizität einer Mischung (vgl. Seite 303) mit 20 Volumenteilen kolloidalem Kaolin, ebenso wie auf deren Festigkeitseigenschaften, d. h. die Reißfestigkeit, Bruchdehnung, Modulus bei 400% Dehnung und korrigierte Kerbzähigkeit.<sup>123</sup> Während Reißfestigkeit, Bruchdehnung und Modulus durch längeres Walzen fast unbeeinflusst bleiben und jedenfalls nur geringe Veränderung erfahren, nimmt die Kerbzähigkeit der vulkanisierten Mischung etwa in dem gleichen Maße ab, wie die rohe Mischung plastischer wird. Das gleiche Ergebnis wie diese kaolinhaltige Mischung liefert auch eine füllstofffreie.

**Vulkanisation.** Wie die meisten der anderen Festigkeitseigenschaften der Kautschukmischung, ist auch die Kerbzähigkeit eine Funktion der Vulkanisationsdauer. Über wie unvulkanisierte Mischungen haben geringeren Kerbwiderstand als »richtig« geheizte. Die maximale Kerbzähigkeit wird jedoch in vielen Fällen bei einer kürzeren Vulkanisation erreicht, als die maximale Reißfestigkeit. Wie die Erfahrung lehrt,

erleiden Mischungen, die bis zur maximalen Kerbzähigkeit vulkanisiert wurden, im Verlauf einer natürlichen Alterung die geringste Veränderung ihrer physikalischen Eigenschaften, weswegen die Kerbzähigkeit dazu dienen kann, die »beste« Vulkanisation auszuwählen.<sup>129</sup> Weiter ist festgestellt worden, daß kurze Vulkanisation bei niedriger Temperatur und bei geringem Schwefelgehalt der Mischung zu Vulkanisaten von besserer Kerbzähigkeit führt. Dies gilt in gleichem Maße für füllstofffreie wie für gefüllte Mischungen und ist in Abb. 184 an Hand zweier Grundmischungen A und B, denen bis 60 Volumprozent ansteigende Mengen des kolloidalen Kaolin zugegeben wurden, gezeigt. Die Mischungen der Reihe A wurden bei 143° C, die der Reihe B bei 125,5° C vulkanisiert.

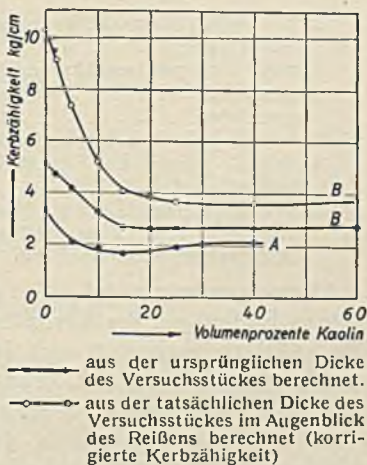


Abb. 184. Einfluß der Vulkanisationstemperatur auf die Kerbzähigkeit

<sup>127</sup> Trans. I.R.I. 7 (1932) S. 422

<sup>128</sup> Mit korrigierter Kerbzähigkeit bezeichnet Lefcaditis die Zerreibkraft, bezogen auf die Breite der Probe (Abb. 174c) im Augenblick des Reißens.

<sup>129</sup> R. P. Dinsmore & W. W. Vogt, loc. cit. S. 240



	Grund- mischung A	Grund- mischung B
Kautschuk (crepe : sheets = 1 : 1)	100,0	100,0
Zinkweiß	5,0	5,0
Schwefel	3,5	2,0
Aethylidenanilin-Kondensationsprodukt	1,0	—
Zink-pentamethylen-dithiocarbamat		0,5
Diphenylguanidin		0,3

Lehrreich ist auch die folgende Zusammenstellung (nach Angaben von L e f c a d i t i s<sup>122</sup>), die zeigt, daß je nach dem Zustand der Matrix die gleiche Mischung (20 Volumenteile Kaolin enthaltend) ganz verschiedene Werte der Kerbzähigkeit liefern kann:

	Kerbzähigkeit kg/cm
1. mit Aethyliden-Anilin-Kondensationsprodukt bei 147° C vulkanisiert . . . . .	1,65
2. mit Zink-pentamethylen-dithiocarbamat und Diphenylguanidin bei 120° C vulkanisiert, aber Mischung übermastiziert . . . . .	1,65
3. wie 2. jedoch normal mastiziert, bei 125° C vulkanisiert	2,56
4. wie 2. jedoch im Stickstoff mastiziert und bei 120° C vulkanisiert . . . . .	3,95
5. Mischung aus Latex hergestellt (nur 15 Vol. koll. Kaolin), mit Zink-pentamethylen-dithiocarbamat und Mercaptobenzothiazol bei 110° C vulkanisiert . . . . .	5,85

**Alterungsschutzmittel.** Die Zugabe eines Alterungsschutzmittels hat keinen Einfluß auf die Kerbzähigkeit der Mischung im frischen Zustande. Beim Altern verringert sich jedoch die Kerbzähigkeit sehr wesentlich, und die Zugabe eines Alterungsschutzmittels trägt sehr dazu bei, diese wertvolle Eigenschaft zu erhalten. Wie M. C. Reed<sup>130</sup> am Beispiel einer Luftschlauchmischung gezeigt hat, ist die Wirkung von 0,75% Aldol- $\alpha$ -Naphthylamin (auf die Gesamtmischung) sehr ausgeprägt (Tabelle XVII). Zur Messung der Kerbzähigkeit diente die »Halbmond«-Methode (Abb. 174a).

Tabelle XVII

Ausschwefelnde Luftschlauchmischung (alter Typ)  
(80 % Gummigehalt)

	Kein Alterungsschutzmittel			0,75 % Aldol- $\alpha$ -naphthylamin		
	Reiß- festigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Bruch- dehnung %	Kerb- zähigkeit lbs/in	Reiß- festigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Bruch- dehnung %	Kerb- zähigkeit lbs/in.
1. Neuer Schlauch	147	730	192	161	750	185
2. Schlauch, rund 2000 Meilen auf dem Prüfstand gelaufen	153	715	134	170	695	186
3. Geer-Ofen, 4 Tage*	129	665	68	165	700	161
4. Geer-Ofen, 14 Tage*	53	465	37	165	605	74

**Zusammenhang mit anderen Festigkeitseigenschaften.** Für eine große Zahl von Mischungsstoffen, wie die Ruße, die Zinkweißsorten usw., be-

<sup>130</sup> Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 316

\* Die Alterungsversuche im Geer-Ofen wurden an Schläuchen ausgeführt, die auf dem Prüfstand gelaufen waren.

steht ein, wenn auch roher Parallelismus zwischen der Kerbzähigkeit ihrer Mischungen und deren Reißfestigkeit oder Abnutzungswiderstand.<sup>131</sup> Dieses Zusammengehen gilt jedoch in keiner Weise, wenn es sich um anisotrope Füllstoffe, z. B. von der Art des Kaolins oder des Magnesiumkarbonats, handelt. Auf einen bemerkenswerten Zusammenhang zwischen Parallelizität und Kerbzähigkeit, wie er aus der Abbildung 185 hervorgeht, hat J. T a l a l a y<sup>132</sup> hingewiesen.

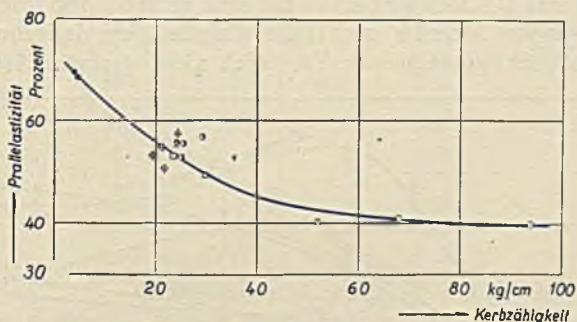


Abb. 185. Zusammenhang zwischen Kerbzähigkeit und Parallelizität

## 4. Elastische Eigenschaften

Kautschuk ist kein ideal-elastisches Material. Wird eine Gummiprobe gestreckt und nach einer gewissen Zeit wieder entlastet, so geht weder die gesamte erzwungene Deformation zurück, noch wird die ganze zum Deformieren aufgewandte Energie in Form von mechanischer Arbeit zurückgegeben. Ein Teil der Formveränderung ist bleibend (plastischer Fluß), und ein Teil der Energie wird durch innere Reibung in Wärme umgewandelt.

Die Erscheinungen beim Verformen des Kautschuks können daher so beschrieben werden, als bestünde die Substanz aus einem elastischen und einem plastischen Anteil.

### a) Bleibende Dehnung

Der plastische Fluß erfordert zu seiner Ausbildung Zeit.<sup>132a</sup> Ebenso ist das Zurückgehen der Verformung nach Entlastung bei dem Kautschuk ein zeitlicher Vorgang. Die Messung der »bleibenden« Formveränderung ist daher im höchsten Maße von den Versuchsbedingungen abhängig. Namentlich von der Wahl der Grenze, bis zu der die Probe gestreckt wird, von der Dauer, in der man sie im gedehnten Zustande beläßt, und von

<sup>131</sup> Ein interessantes Beispiel hierfür geben Carpenter und Sargisson (loc. cit. S. 264), die die Reißfestigkeit, den Modulus, die Abnutzung auf der Straße und im Laboratorium und die Kerbzähigkeit einer Reihe von Laufflächenmischungen verglichen.

<sup>132</sup> Kautschuk 9 (1933) S. 82 und 100

<sup>132a</sup> Vgl. hierzu z. B. Handb. d. Kautschw. S. 632



der Zeit, die man nach der Entspannung verstreichen läßt, ehe man die »bleibende« Verformung mißt. Da in diesen Punkten keine Übereinstimmung in der Laboratoriumspraxis herrscht<sup>133</sup>, sind die Ergebnisse einzelner Veröffentlichungen meist miteinander zahlenmäßig nicht vergleichbar.

Ausführlichere Daten über die bleibende Dehnung von Kautschukmischungen mit steigendem Gehalt an einer Reihe gebräuchlicher Füllstoffe gab zuerst C. O. North.<sup>134</sup> Sie sind in Abb. 186 wiedergegeben. Leider verwandte North nicht die gleiche Grundmischung für alle Stoffe, so daß ein quantitativer Vergleich nicht gestattet ist. (Zinkweiß

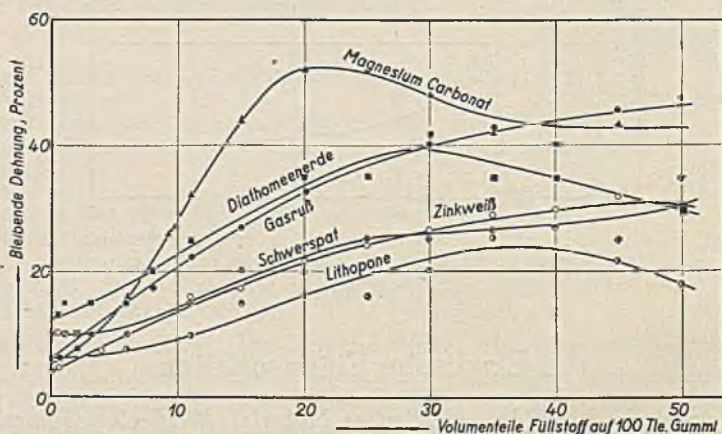


Abb. 186. Bleibende Dehnung von Kautschukmischungen als Funktion ihres Füllstoffgehaltes

und Schwerspat wurden in einer thiocarbanilidhaltigen, die anderen Füllstoffe in einer beschleunigerfreien Mischung geprüft.) Seine Zahlen lassen jedoch erkennen, daß alle füllstoffhaltigen Mischungen eine höhere bleibende Dehnung zeigen als die Grundmischung, und daß die bleibende Deformation im allgemeinen mit steigendem Füllstoffgehalt wächst. Magnesiumkarbonat gibt von allen untersuchten Stoffen die höchsten Werte, wobei die Mischung bei einem Zusatz von etwa 20 Volumina auf 100 Volumina Kautschuk ein Maximum der bleibenden Dehnung erreicht.<sup>135</sup>

Zusammen mit den in Tabelle XVIII vereinigten Angaben von W. W. Vogt und R. D. Evans<sup>136</sup> lassen die Zahlen von North deutlich

<sup>133</sup> Vgl. die Zusammenstellung bei H. Turner, Trans. I.R.I. 2 (1927) S. 447

<sup>134</sup> I.R.W. 63 (1920) S. 98. Die Proben wurden für 10 Minuten auf 60% ihrer Bruchdehnung gestreckt und dann für 10 Minuten entlastet. Dieser Zyklus wurde viermal ausgeführt, ehe die bleibende Verformung gemessen wurde. Es ist zu beachten, daß die absolute Dehnung in Prozenten der ursprünglichen Länge somit für jede Probe eine andere war.

<sup>135</sup> Dies wird auch durch Angaben von H. Greider, Ind. Engng. Chem. 14 (1922) S. 392 bestätigt.

<sup>136</sup> Ind. Engng. Chem. 15 (1923) S. 1015

noch eine weitere Gesetzmäßigkeit erkennen: *Anisotrope Füllstoffe, d. h. solche mit nadel- oder plattenförmigen Teilchen, liefern ganz allgemein Vulkanisate von größerer bleibender Dehnung als isotrope.*

Tabelle XVIII

Mischungsstoff	Bleibende Dehnung einer Mischung mit 20 Vol. des Füllstoffes auf 100 Gummi (i. Richtung des Walzkorns <sup>137</sup> )
anisotrope Stoffe	Magnesiumkarbonat 52%
	Kaolin 44% (quer zum Korn 36% und 30%)
	Diatomeenerde (Tripoli) 29%
isotrope Stoffe	Gasruß 33%
	Zinkweiß 23%
	Eisenoxyd 22%
	Lithopone 20%
	Kreide 15%
	Schwerspat 14%
Grundmischung	6%

Diesem Einfluß der Teilchengestalt überlagert sich der Einfluß der Partikelgröße. *Füllstoffe geben Mischungen mit um so größerer bleibender Dehnung, je feiner ihre Teilchen sind.*<sup>137a</sup> Für die gebräuchlichsten Rußarten und ein kolloidales Kaolin sind die Verhältnisse in Tabelle XIX gezeigt.

Tabelle XIX

Füllstoff	Gew.-Teile auf 100 Teile Gummi	Vulkanisationsdauer Min.	Dehnungsrest %		Prall- elastizität %
			5'	24 <sup>h</sup>	
Ölruß	38	40	9,3	6,7	50,4
Thermatom. Ruß P. 33	38	40	11,2	7,3	53,9
inaktiver Gasruß »Fumonex«	38	40	12,0	8,15	52,8
Kanalprozeß-Gasruß (Micronex)	38	60	14,6	10,4	41,0
kolloidales Kaolin (Stockalite)	32,5	60	18,3	15,6	69,4

**Einfluß der Vulkanisation.** Die bleibende Dehnung der rohen Mischung ist sehr hoch. Mit fortschreitender Vulkanisation nimmt sie zuerst rapide

<sup>137</sup> Die Methode zur Messung der bleibenden Dehnung wird nicht näher angegeben. Die Herstellung der Proben wurde so geleitet, daß eine möglichst vollkommene Ausrichtung der Füllstoffteilchen stattfinden konnte (Korn-effekt). Nur der Kalandereffekt, d. h. die durch seine Faserstruktur bedingte Anisotropie des Kautschuks selbst, wurde dadurch vermieden, daß man die rohe Platte eine Zeitlang in der Wärme beließ. Die hantelförmigen Proben wurden mit ihrer Längsachse in Richtung des Kalanderkorns ausgestanzt.

<sup>137a</sup> Es besteht, wie P. Schidrowitz zuerst zeigte, ein Zusammenhang zwischen der bleibenden Dehnung und dem »Slope« der Zugdehnungskurve, d. h. deren Steilheit in dem Endteil.

<sup>138</sup> Nach Messungen von J. Talalay, loc. cit. S. 267 Methode (Normen des Staatlichen Materialprüfungsamtes, Berlin): Probe wird mit halber Bruchlast gestreckt und 1 Stunde im gedehnten Zustande belassen. Die bleibende Verformung wird 5 Minuten und 24 Stunden nach Entlastung gemessen. Die Füllstoffe wurden bei derjenigen Konzentration untersucht, bei der sie maximale verstärkende Wirkung zu entwickeln pflegen, d. h. die Ruße bei etwa 38 Gew.-Tln. und das Kaolin bei etwa 32,5 Gew.-Tln. auf 100 Teile Gummi.



und dann viel langsamer ab. Beim füllstofffreien System »Kautschuk-Schwefel« setzt sich diese Abnahme solange fort, bis fast aller Schwefel gebunden worden ist; erst wenn beim weiteren Erhitzen »Reversion« eintritt, beginnt die bleibende Dehnung sich allmählich zu vergrößern. Anders ist es bei füllstoffhaltigen und beschleunigten Mischungen, wo die bleibende Dehnung viel eher ein Minimum erreicht.<sup>139</sup> Jedoch liegt auch in diesen Fällen das Minimum meist bei einer längeren Vulkanisation, als derjenigen, die den optimalen Festigkeitseigenschaften und zumal der besten Alterung entspricht.

Diese Tatsache verkennen zahlreiche Lieferungsbedingungen für technische Gummiwaren, wenn sie bestimmte Grenzen der bleibenden Dehnung vorschreiben. Die Limitierung der bleibenden Dehnung, die von dem Abnehmer als Maß für eine »befriedigende« Vulkanisation gedacht ist, erweist sich häufig als ein Hindernis für die Herstellung von Waren, die guten Alterungswiderstand mit hoher Wirtschaftlichkeit verbinden. Die Fabriken befriedigen die Bedingung einer vorgeschriebenen maximalen bleibenden Dehnung meist dadurch, daß sie die Vulkanisation verlängern.

Eine geringe bleibende Dehnung ist dagegen von hoher praktischer Bedeutung, z. B. bei Luftschläuchen von Pneumatikreifen, Parafäden usw.

### b) Hysteresischarakteristik

Verfolgt man durch Registrieren von Kraft und Dehnung die Belastung

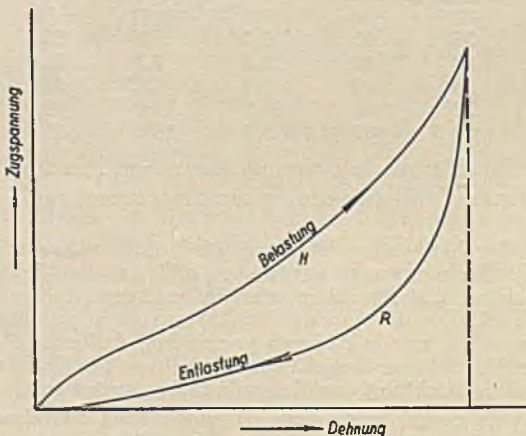


Abb. 187. Hysteresisschleife

und Entlastung einer Kautschukprobe, so erhält man die charakteristische Kurve der elastischen Hysteresis, so wie sie in Abb. 187 gezeigt ist. Die beim Dehnen geleistete Arbeit  $A = H + R$  ist größer als die beim Kontrahieren zurückgewonnene Arbeit  $R$ . Die Differenz der beiden, der Hysteresisverlust  $H$ , ist — offenbar durch innere Reibung im Kautschuk — irreversibel in Wärme umgewandelt worden.<sup>141</sup>

<sup>139</sup> Vgl. z. B. Kratz und Flower, Ind. Engng. Chem. 11 (1919) S. 30; Turner (loc. cit. S. 268) usw.

<sup>141</sup> Die beim Dehnen entstehende und beim Kontrahieren in gleicher Menge wieder verbrauchte Joulesche Wärme ist hier außer Betracht gelassen. Sie hat hohes theoretisches Interesse (vgl. L. Hock, Handb. d. Kautschukw. [Leipzig 1930] S. 458)

Die Hysteresischarakteristik ist in hohem Maße abhängig von der mechanischen Vorbehandlung des Materials. Wiederholt man den Dehnungszyklus mit der gleichen Kautschukprobe noch einmal, so findet man, daß sich die beiden Hysteresisschleifen in keiner Weise decken. Der elastische Wirkungsgrad wird bei jedem weiteren Zyklus immer vollkommener.

Mischung enthält:

Hysteresiswirkungsgrad  $\eta_H$ , %  
 1. Schleife 2. Schleife 3. Schleife  
 (Probe jedesmal bis zum gleichen Dehnungsgrad gestreckt)

38 Gew.-Tle. Kanalprozeß-Gasruß (60' Vulk.)	24,2	45,0	52,5
32,5 Gew.-Tle. koll. Kaolin (60' Vulk.)	26,5	47,0	55,0

Betrachtet man jedoch nur die erste Schleife (Neukurve) einer jeden Kautschukprobe, so findet man den Wirkungsgrad  $\eta_H$  sehr weitgehend unabhängig von der Art (und in gewissen Grenzen auch von der Menge) der zugemischten Stoffe. Die bis zur Bruchgrenze extrapolierte verlorene Arbeit  $H$  und die rückgewonnene Arbeit  $R$  stehen daher, wie H. B a r r o n und F. H. C o t t o n<sup>142</sup> zeigten, in einem recht befriedigenden linearen Zusammenhange mit der Widerstandsenergie der Mischung (Abb. 188). Je höher die letztere ist, desto größer ist dem Absolutwerte nach die verlorene und die rückgewonnene Arbeit. Das Verhältnis der beiden bleibt jedoch annähernd konstant.

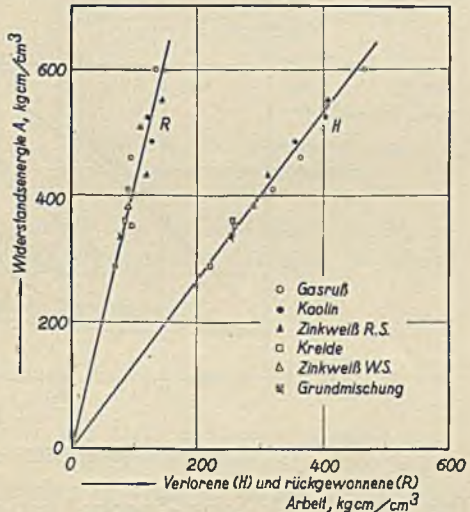


Abb. 188. Hysteresisschleife und Widerstandsenergie

### c) Prallelastizität

Prüft man hingegen den elastischen Wirkungsgrad  $\eta$  auf dynamischem Wege, indem man eine Kugel oder einen Hammer mit Kugelspitze gegen das Gummimuster prallen läßt, und aus dem Verhältnis der ursprünglichen Höhe zu der Höhe des Rückpralls den Wirkungsgrad berechnet<sup>143</sup>, so gelangt man zu einem ganz anderen Ergebnis. Im Gegensatz zum Hysteresiswirkungsgrad erweist sich die so gemessene Prallelastizität sehr empfindlich gegen die Art und die Menge der zugemischten Stoffe. Der Unterschied zwischen den beiden Methoden dürfte darin zu suchen sein, daß bei dem Prallversuch die Deformation nur ganz kurze Zeit dauert

<sup>142</sup> Trans. I.R.I. 7 (1931) S. 209

<sup>143</sup> Technik der Prallelastizitäts-Messung, siehe Kapitel »Prüfmethoden« oder Handb. d. Kautschukw. S. 640



und unter weitgehend adiabatischen Bedingungen vor sich geht. Der plastische Fluß ist daher nur gering.

Wenig Systematisches ist über die Prallelastizität bekannt geworden. In Abb. 189 sind nach Goodwin und Park<sup>144</sup> die Prallelastizitätswerte einer Reihe von Rußmischungen mit steigendem Gehalt an dem Füllstoff aufgetragen. Für eine Reihe anderer, gebräuchlicher Rußsorten und eine Volumenkonzentration von etwa 21% sind Elastizitätszahlen in der letzten Spalte der Tabelle XIX gegeben. Die Ruße ordnen sich entsprechend ihrer Feinheit an, die — vgl. Seite 230 — im Falle dieses Füllstoffs mit der verstärkenden Wirkung nicht immer symbat geht.

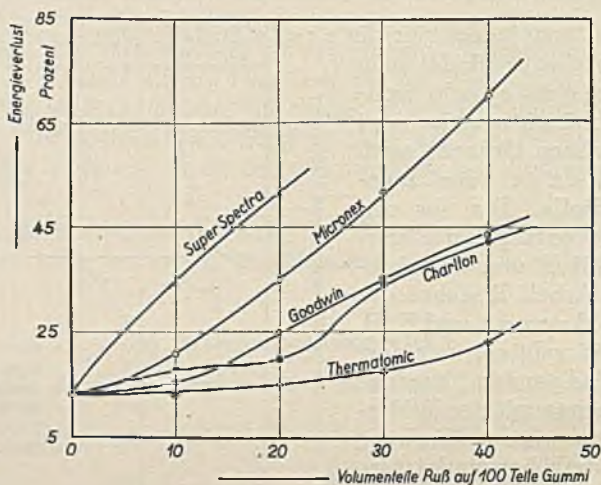


Abb. 189. Prallelastizität von Rußmischungen

Der feinste Ruß (Super-Spectra) hat den niedrigsten elastischen Wirkungsgrad bzw. den höchsten Energieverlust. (Letzterer ist in Abb. 189 als Ordinate gewählt worden. Energieverlust =  $100 - \eta$  %.) Aber auch dieser Zusammenhang bewahrheitet sich nicht in allen Fällen.

Über die Beeinflussung der Prallelastizität durch andere Mischungstoffe, zumal durch inerte, ist wenig Quantitatives bekannt. Es sei erwähnt, daß Zinkweiß Mischungen von guter Elastizität gibt, deren Wirkungsgrad in der Größenordnung der inaktiven Gasruße oder der Lampenruße liegt. Ein sehr bemerkenswertes Verhalten legt das (kolloidale) Kaolin an den Tag (Tabelle XIX), das in einer Konzentration von 12,5 Volumen auf 100 Kautschuk ein Produkt von außerordentlich hoher Elastizität liefert. Der Wirkungsgrad dieser Mischung scheint sogar höher zu liegen als der Wirkungsgrad einer füllstofffreien. Diese hohe Elastizität entwickelt das Stockalite trotz der Feinheit seiner Partikel.

Im Gegensatz zur bleibenden Dehnung, die mit fortschreitender Vulkanisation stark abnimmt, ist die Prallelastizität nur in geringem Maße

<sup>144</sup> loc. cit. S. 229

von der Vulkanisation abhängig<sup>145</sup> und erreicht ein Maximum etwa gleichzeitig mit der Widerstandsenergie oder nur wenig später (vgl. Abb. 190).

#### d) Zermürbungsfestigkeit

Unterliegt ein Kautschukgegenstand im Betriebe periodischer Deformation, so summiert sich die bei jedem Zyklus in Wärme umgewandelte Arbeit und bringt eine Temperaturerhöhung hervor. Dieses Phänomen beobachtet man bei Pneumatik- und Elastikreifen, bei Riemern und zahlreichen anderen Ergebnissen.

Soweit die Höhe der bei der Arbeit erreichten Temperatur — und mithin auch die Geschwindigkeit der Zerstörung des Gegenstandes — von der Zusammensetzung des Kautschukmaterials abhängt, wird sie durch die folgenden drei Faktoren bestimmt:

1. Die Härte der Mischung. (Je weicher das Material, desto größer ist bei gegebener Belastung der Gesamtbetrag der bei jeder Deformation umgesetzten Energie.)
2. Den elastischen Wirkungsgrad des Materials.
3. Seine Wärmedurchlässigkeit.

Die ersten beiden Faktoren bestimmen die Erzeugung von Wärme, der letzte ihre Ableitung oder Zerstreuung.

Auf dem Prinzip schneller periodischer Deformationen beruhen eine Reihe von Zermürbungsmessern.<sup>145a</sup> Bei dem Prüfer von Martens-Schob läuft eine kleine Kugel unter Belastung in einer kreisförmigen Rinne, und zwar solange, bis ihre Zerstörung eintritt. In den Vereinigten Staaten wird zuweilen der »Pondingtest« ausgeführt, bei dem ein Hammer periodisch gegen einen Gummiblock prallt, und die Temperatur im Inneren des Blocks verfolgt wird.

Ist die Wärmeleitfähigkeit zweier Füllstoffe etwa gleich groß, so wird der Zermürbungswiderstand der damit hergestellten Mischungen weitgehend von deren elastischem Wirkungsgrad abhängen. Das illustrieren die folgenden Zahlen für die Zermürbungsfestigkeit einer Mischung mit Kanalprozeß-Gasruß und mit gutem Öruß.<sup>146, 147</sup> Sind sowohl Wärme-

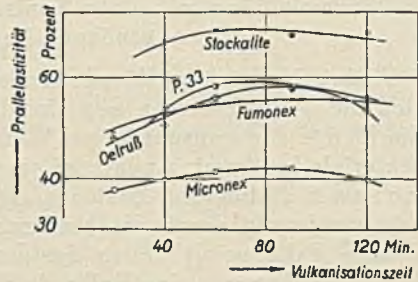


Abb. 190. Prallelastizität von Kautschukmischungen

<sup>145</sup> Siehe auch Ira Williams, Rubb. Chem. Technol. 3 (1930) S. 83

<sup>145a</sup> Siehe Kapitel »Mechanische Kautschukprüfung« und Handb. d. Kautschuk-technol. S. 663

<sup>146</sup> Die Mischung hatte in beiden Fällen folgende Zusammensetzung: 55 Gew.% Kautschuk, 25% Ruß, 17% Zinkweiß, 2% Schwefel, 1% Diphenylguanidin. Kautschuk 3 (1927) S. 142

<sup>147</sup> Vgl. unter diesem Gesichtspunkt die Wahl der Füllstoffe im Mischungsbeispiel 2, S. 232



leitfähigkeit als auch Elastizität verschieden, so werden die Verhältnisse unübersichtlich.

Ruß	Vulkanisation	Prall- elastizität η %	Bleibende Dehnung %		Umlaufzahl unter 62,5 kg Belastung
			5'	24h	
Durex I extra	40'	55,9	11,3	8,0	21 677
Micronex	40'	41,2	18,8	13,9	1 152

### e) Wärmeleitfähigkeit einer Kautschukmischung und ihre Temperaturerhöhung im Dauerbetriebe

Findet durch einen Körper hindurch Wärmetransport statt, ohne daß sich die Temperatur an den einzelnen Stellen dauernd ändert, so wird die Menge der transportierten Wärme durch die **Leitfähigkeit** des Materials bestimmt. Anders ist es, wenn die Temperatur des Körpers in **keinem** stationären Zustande ist, und die Frage nach seiner Temperatursteigerung durch die hindurchströmende Wärme gestellt wird. In diesem Falle spielt neben der Leitfähigkeit auch noch die **spezifische Wärme** eine Rolle, da der Körper nur einen Teil der Wärme hindurchläßt und einen anderen Teil absorbiert. In die Formeln geht dann die sogenannte »Wärmedurchlässigkeit« ein, d. h. die Leitfähigkeit dividiert durch das Produkt aus spezifischer Wärme und spezifischem Gewicht.

Wie **Ira Williams**<sup>148</sup> zeigte, setzt sich die Wärmeleitfähigkeit einer Kautschukmischung **additiv** aus der Leitfähigkeit ihrer einzelnen Komponenten zusammen. Sie kann nach der linearen Mischungsformel daraus berechnet werden.

Tabelle XX

#### Thermische Eigenschaften der Mischungsbestandteile

Mischungsstoff	Spez. Wärme	Wärmedurchlässigkeit nach Williams	Wärmeleitfähigkeit
Antimonsulfid (16% freien Schwefel) . .	0,085	0,00077	0,00021
Blanc fixe . . . . .	0,114	0,00157	0,00078
Bleiglätte . . . . .	0,052	0,00106	0,00051
Cordfäden . . . . .	0,324	0,00168	0,00082
Dixie Clay (Kaolin) . . . . .	0,200	0,00112	0,00058
Eisenoxyd . . . . .	0,160	0,00175	0,00132
Gasruß . . . . .	0,204	0,00164	0,00067
Kautschuk (vulkanisiert und unvulkanisiert)	0,502	0,00069	0,00032
Kreide . . . . .	0,201	0,00156	0,00084
Lithopone . . . . .	0,115	0,00207	0,00094
Magnesiumkarbonat . . . . .	0,303	0,00114	0,00103
Schwefel . . . . .	0,175	0,00034	0,00012
Talkum . . . . .	0,209	0,00116	0,00058
Zinkweiß . . . . .	0,125	0,00241	0,00166

Hierzu ist es nur notwendig, den Volumprozentgehalt der Mischung an jedem der Stoffe (in Dezimalbrüchen von 1,0 ausgedrückt) mit der Leitfähigkeit des betreffenden Stoffes zu multiplizieren und die so ermittelten Zahlenwerte zu addieren. Der Wert der Wärmedurchlässigkeit der

<sup>148</sup> Ind. Engng. Chem. 15 (1923) S. 154

Mischung errechnet sich in analoger Weise, nur muß die Gewichtsformel statt der Volumenformel benutzt werden.<sup>149</sup>

Es wurde schon ausgeführt, daß die Erwärmung der Kautschukgegenstände im Dauerbetrieb einerseits mit ihrer Elastizität und andererseits mit ihrer Wärmeleitfähigkeit im Zusammenhang steht. In Tabelle XXI sind einige Ergebnisse von Temperaturmessungen wiedergegeben, die an Versuchsreifen gewonnen wurden, deren Lauffläche segmentweise eine andere Zusammensetzung hatte.<sup>150</sup>

Tabelle XXI

verstärkender Füllstoff	Temperatur der Lauffläche eines Reifens nach 60 Minuten Versuchsdauer <sup>151</sup>	
	1. Versuchsreifen	2. Versuchsreifen
22,5 Vol. Zinkweiß (XX Red)	47,0	50,5
0,5 Vol. Zinkweiß + 20 Vol. Lithopone	55,8	
4 Vol. Zinkweiß + 14,5 Vol. Gasruß	56,3	
0,5 Vol. Zinkweiß + 18 Vol. Gasruß	60,0	
0,5 Vol. Zinkweiß + 22 Vol. Kaolin		50,5
14 Vol. Kadox + 8,5 Vol. Gasruß		59,0

Die Überlegenheit des Zinkweiß über die anderen Füllstoffe ist sowohl auf seine hohe Wärmeleitfähigkeit als auch auf die verhältnismäßig hohe Elastizität der damit hergestellten Mischungen zurückzuführen. Die guten Resultate der Kaolinmischung basieren auf deren hervorragender Elastizität (s. Tabelle XIX, Seite 269).

## 5. Verhalten der rohen Mischung

### a) Plastizität

Der Begriff der Plastizität, ihre Messung und technische Bedeutung für den Produktionsprozeß sind Gegenstand einer ausführlichen Erörterung zu Anfang des folgenden Kapitels (»Herstellung der Mischungen«, Seite 302). Dort werden auch die einschneidenden Plastizitätsänderungen diskutiert, die mit dem Kautschuk während des Walzprozesses vor sich gehen. Wir können uns daher an dieser Stelle darauf beschränken, den Einfluß einverleibter Mischungsstoffe auf die Verformbarkeit der rohen Masse zu betrachten.

1. **Pulverförmige Ingredienzien** verändern die Konsistenz der unvulkanisierten Mischung in verschiedener und oft überraschender Weise. Man sollte annehmen, daß die »aktiven« Füllstoffe im Gegensatz zu den inerten eine Versteifung der Masse hervorrufen werden. Diese Annahme

<sup>149</sup> Die Wärmedurchlässigkeit einer Mischung spielt bei der technischen Gestaltung des Vulkanisationsprozesses, zumal bei der Vulkanisation massiver Gegenstände, eine wichtige Rolle. Vergleiche hierzu z. B. I. Williams, Vanderbilt Rubber Handbook (1932) S. 83/84.

<sup>150</sup> Nach Messungen der New Jersey Zinc Co., N.Y. — Vgl. hierzu auch I.R.W. 68 (April 1923) S. 429 »The Effect of Pigments on Temperature of Tire Treads«.

<sup>151</sup> Reifengröße: 34 × 4,5", Geschwindigkeit: 48 km/Std. Last: 1200 lbs/Rad, Zementstraße.



bestätigt sich aber nur in einigen Fällen, während in anderen gerade das Entgegengesetzte eintritt.

Die einzelnen Rußsorten verhalten sich recht gesetzmäßig (Abbildung 191).<sup>152</sup> Thermoatomisch zersetzter Ruß und einige Ölrüße haben selbst bis in hohe Konzentrationen hinein keine versteifende Wirkung auf die rohe Mischung. Sie wirken im Gegenteil im Bereich mittlerer Konzentration, wenn auch in geringem Maße, plastizierend. Die Mischung wird aber um so weniger plastisch, je feiner der eingemischte Ruß ist, und die Verarbeitung (Spritzen, Kalandrieren) von Mischungen mit hohem Gehalt an Kanalprozeß-Gasruß kann mit nicht unerheblichen Schwierigkeiten verbunden sein. Die Plastizität der rohen Mischung geht bei den Rußen mit der Härte der vulkanisierten symbat (s. Seite 243).

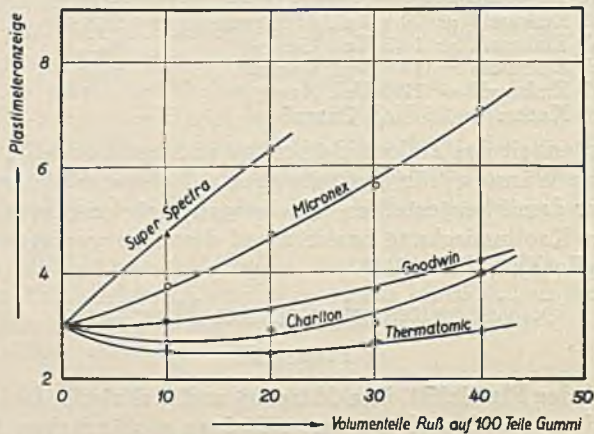


Abb. 191. Plastizität von Rußmischungen

Inerte Füllstoffe, wie Schwerspat, Blanc fixe, Lithopone, Goldschwefel, haben keinen nennenswerten Einfluß auf die Plastizität der rohen Mischung, obwohl in dem Maße, wie der Kautschuk durch diese Stoffe in der Mischung ersetzt wird, die Verarbeitung derselben leichter wird. Interessant ist das Verhalten einiger weiterer Stoffe, wie des Titanweiß, des Zinkweiß und der Kreide.

Obwohl Titandioxyd die vulkanisierte Mischung in beträchtlichem Maße verstärkt, hat es einen ausgesprochenen plastizierenden Effekt auf die rohe Mischung.<sup>153</sup> Eine gewisse erweichende Wirkung hat auch gewöhnliches Zinkweiß. Der Effekt manifestiert sich bereits bei etwa 5 Gewichtsprozenten ZnO auf Gummi, er erreicht ein Maximum bei

<sup>152</sup> Die Charakteristik der in 5 Abb. 191 behandelten Ruße wurde auf S. 228 gegeben.

<sup>153</sup> Nach R. Ditmar (Kautschuk 5 (1929) S. 80) steigt die plastizierende Wirkung des Titandioxyds mit seiner Feinheit. Sie ist bei einem Zusatz von 5 bis 6% deutlich nachweisbar, und bei einem Gehalt von 40% an Titandioxyd ist das Fell »so weich und klebrig«, daß es nur mit Mühe auf dem Walzwerk manipuliert werden kann.

etwa 10 bis 11 Gewichtsprozenten, während bei höheren Konzentrationen (mehr als 20%) Zinkweiß im Gegenteil versteifend wirkt. Kolloidales Zinkweiß versteift die rohe Mischung in allen Konzentrationen. Eine gelinde Erweichung und Erleichterung der Verarbeitung gibt die Kreide, wenn man sie in Konzentrationen von 10 bis 20 Gewichtsprozenten einmischt. Magnesiumkarbonat und Magnesiumoxyd versteifen dagegen die Mischung und machen sie »trocken«.

Es wird in der Praxis häufig die Ansicht vertreten, daß Schwefel die rohe Mischung erweicht. Durch Messungen mit dem Parallelplatten-Plastimeter konnte Kral<sup>154</sup> einen solchen Effekt nicht feststellen, selbst wenn er bis zu 12% des Schwefels der Mischung zugab.

**2. Erweichungsmittel.** Die unter dem Namen Erweichungsmittel zusammengefaßten Mischungsstoffe sind weder physikalisch noch chemisch einheitlich. Diese Kategorie umfaßt Stoffe der Paraffinklasse, zyklische Verbindungen, komplizierte Kohlenwasserstoffe, fette Öle, Fettsäuren, Glyceride und vieles andere. Die Zahl der Erweichungsmittel ist sehr groß (200 dürfte nicht zu hoch gegriffen sein). In einem weiteren Sinne können zu dieser Klasse von Stoffen auch Faktis und Regenerat gezählt werden.

Erweichungsmittel werden wegen der fabrikatorischen Vorteile, die ihre Verwendung mit sich bringt, der Mischung zugesetzt. Schon in geringer Konzentration (selten mehr als 5 bis 10% auf Gummi) in die Mischung eingeführt, ermöglichen sie es, den Gummi mit einem geringeren Aufwand an Energie in einen Zustand bestimmter Plastizität zu überführen. Sie erzeugen Mischungen, die in kürzerer Zeit, und ohne Übermastikation aufgewärmt, und mit glatter Oberfläche gespritzt oder kalandriert werden können. Sie verbessern die Dispersion der Füllstoffe im Kautschuk. Durch Verringerung der inneren Reibung in der Kautschukmasse und Herabsetzung der Arbeitstemperatur, ebenso wie durch spezifische verzögernde Wirkung auf gewisse Beschleuniger, vermindern sie die Gefahr des »Anbrennens« (scorching). Eine Reihe von Erweichungsmitteln setzen die Neigung zum Ausschweifeln herab. Zuweilen hat die Verwendung dieser Stoffe auch einen ökonomischen Effekt, indem der Volumenpreis der Mischung verringert wird. Darüber hinaus haben einige der Erweichungsmittel spezielle Funktionen innerhalb des Vulkanisationsprozesses, indem sie den organischen Beschleuniger bei den Temperaturen der technischen Vulkanisation aktivieren.

Die erweichende Wirkung eines Stoffes kann auf Grund verschiedener Kriterien beurteilt werden. Dementsprechend gehen auch die Angaben der einzelnen Autoren in diesem Punkte auseinander. Am sinngemäßesten erscheint jedoch in diesem Zusammenhange eine Bewertung auf Grund der Plastizität einer damit hergestellten Standardmischung.<sup>155</sup> Wählt man dieses letztere Kriterium, so lassen sich die bekanntesten Erweichungsmittel in drei Gruppen einteilen, solche mit starker (I), mit mittlerer (II) und mit schwacher Wirkung (III). Die Zahlen in Klammern

<sup>154</sup> Ind. Engng. Chem. 16 (1924) S. 922



geben die erweichende Wirkung in Prozenten nach der Bewertungsmethode von Zimmerman und Cooper<sup>155</sup> an.

Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
Ölsäure	Kautschol	Leinöl
Laurex	Harzöl (13%)	Hartholzpech (5,5%)
Stearinsäure (22%)	Stearin (11%)	Carnaubawachs (5%)
Fichtenteer (16,5%)	Vaseline (9%)	
Ceresin	Mineral-Rubber (8%)	
Wollfett (16%)	Paraffinöl (8%)	
	Cyclineöl	
	Baumwollsaatöl (8%)	

Wegen der theoretischen Einteilung der Erweichungsmittel und der Anschauungen, die von dem Mechanismus ihrer Wirkung entwickelt wurden, sei auf die Darstellung von W. N. Burnbridge<sup>156</sup> verwiesen.

Der Einfluß steigender Mengen eines Erweichungsmittels auf die Plastizität einer rohen Mischung vom Laufflächentyp ist am Beispiel des Fichtenteers und des Mineral-Rubbers in Abb. 192 gezeigt. Zusammen mit dem in Abb. 157 vorgeführten Einfluß dieser beiden Mischungsstoffe auf die mechanischen Eigenschaften des Vulkanisats, vermittelt die Abb. 192 ein ziemlich vollständiges Bild von dem Verhalten eines Erweichungsmittels in Laufflächenmischungen. Die Ausströmungs-(Marzetti-)Methode der Plastizitätsmessung erweist sich in diesem Falle als die empfindlichere, da sie in Übereinstimmung mit der Erfahrung anzeigt, daß steigende Zusätze von Mineral-Rubber die Verarbeitung der Mischung erleichtern. Die Parallelplatten-(Williams-)Methode bringt diesen Effekt nicht heraus. Der Nerwert (Recovery  $Y''-Y'$ ) der M.R.-Mischung zeigt im Gegenteil eine gewisse Versteifung an. In Summa beweist die Abb. 192 die schon erwähnte höhere Wirksamkeit des Fichtenteers gegenüber dem Mineral-Rubber.<sup>157</sup>

<sup>155</sup> Man kann z. B. nach E. C. Zimmerman und L. V. Cooper (Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 812) die prozentuelle Plastizitätsänderung messen, die eintritt, wenn man einer Standardmischung 5% des Erweichungsmittels zugibt. Wegen des eminenten Einflusses, den die Faktoren des Walzprozesses auf die Plastizität haben, ist es aber dabei notwendig, die Bedingungen der Mastikation und Einmischung rigoros zu standardisieren. Unter Benutzung eines Williams-Plastimeters kann dann die erweichende Wirkung in folgender Weise aus den Werten der Weichheit ( $Y'$ ) der ursprünglichen und der erweichten Mischung errechnet werden:

$$\text{Erweichung in \%} = \frac{Y' \text{ erw.} - Y' \text{ unerw.}}{Y' \text{ unerw.}} \times 100.$$

<sup>156</sup> Trans. I.R.I. 1 (1925/26) S. 429

<sup>157</sup>  $Y'$  bedeutet in diesem Falle die Höhe eines Kautschuksäulchens von 2 cm Inhalt nach 3 Minuten Belastung zwischen den parallelen Platten des Williams-Plastimeters (10 kg Gewicht) bei 70° C.  $Y''$  bedeutet die Höhe 1 Minute nach der Herausnahme aus dem Plastimeter. Als Marzettiwerte sind die reziproken Volumina aufgetragen worden, hindurchgepreßt durch eine Standarddüse bei 63° C unter 14 at Druck. Es ist zu beachten, daß die untersuchte Laufflächenmischung bereits 4 Teile Stearinsäure auf 100 Teile Gummi enthielt, so daß die Kurven den Einfluß eines weiteren,

Bei der Auswahl eines Erweichungsmittels ist neben seiner plastizierenden Wirkung noch eine Reihe anderer Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Während einige Erweicher, wie der Steinkohlen- und der Fichten-teer, die Fähigkeit besitzen, die Neigung der vulkanisierten Mischung zum Ausschwefeln zu verringern, diffundieren andere selbst an die Oberfläche des Vulkanisats (s c h w i t z e n a u s). Diese oft lästige Eigenschaft besitzen z. B. das Ceresin, die Stearinsäure und das Paraffin.<sup>158</sup> In hellen Mischungen ist die v e r f ä r b e n d e W i r k u n g einer Anzahl von Erweichungsmitteln maßgebend. Stark verfärbend wirken Fichten-teer, Hartholzpech, Mineral-Rubber, Bleioleat, schwächer Wollfett. Eine

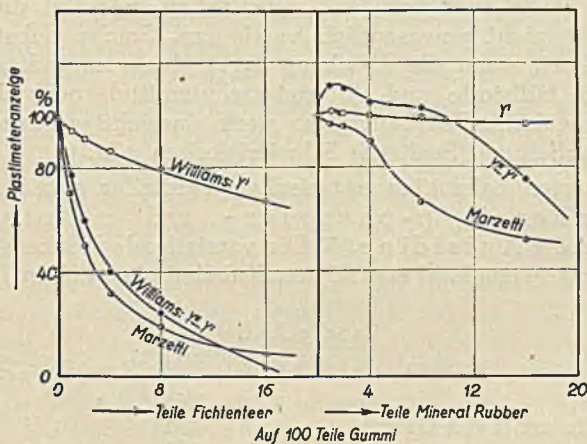


Abb. 192. Erhöhung der Plastizität einer Lauf-flächenmischung durch Zusatz von Erweichungs-mitteln

geringe Verfärbung üben Vaseline, Palmöl und gewisse Sorten des Mineralöls aus, während Stoffe wie Baumwollsaatöl, Kokosnußöl, Vaselineöl, Öl- und Stearinsäure die Farbe heller Gegenstände nicht beeinträchtigen.

Von großer Wichtigkeit sind die A l t e r u n g s e i g e n s c h a f t e n der mit dem Erweichungsmittel hergestellten Mischungen. Manche Erweicher haben einen sehr schädlichen Einfluß auf die Alterung, bei anderen ist dagegen ein gewisser schützender Effekt festzustellen. Messungen von W. N. Burnbridge<sup>159</sup> ordnen die bekanntesten Stoffe in der folgenden Reihenfolge an: Mineral-Rubber (17), Fichtenteer (30), Fichtenteer-pech (33), Kautschukharz (39), Ölsäure (40), Vaseline (42), Carnaubawachs (47), Stearinsäure (51), Palmitinsäure (52), Harzöl (54), Olivenöl,

darüber hinausgehenden Zusatzes von Erweichungsmitteln illustrieren (siehe Seite 239). Der Plastizitäts- und der Nervwert der Grundmischung sind in allen Fällen = 100 gesetzt worden.

<sup>158</sup> Vgl. hierzu A. A. Somerville, I.R.W. 69 (1923) S. 15

<sup>159</sup> Trans. I.R.I. 2 (1926/27) S. 256. Von W. N. Burnbridge selbst wird eine etwas abweichende Reihenfolge angegeben. Die hier aufgeführte deckt jedoch die praktische Erfahrung des Verfassers besser.



Stearin, Palmöl, Leinöl, Rüböl (82 bis 89), Ceresin (88), Mineralöl (95). Die Zahlen in Klammern bedeuten die prozentuelle Verringerung der Festigkeitseigenschaften einer Standardmischung mit 5% des Erweichungsmittels nach sechsmonatiger natürlicher Alterung.

Wie die meisten der uns heute zur Verfügung stehenden Informationen über die Wirkung der Erweichungsmittel, sind auch diese mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, da bei den Versuchen der Einfluß der Vulkanisation nicht genügend berücksichtigt worden ist.

**3. Versteifungsmittel (Antisofteners).** Im Gegensatz zu den Erweichern, die die Plastizität der rohen Mischung erhöhen, gibt es Stoffe, die in bestimmter und meist sehr geringer Konzentration zugesetzt, die Plastizität der Mischung nicht unwesentlich verringern. Solche Substanzen sind dann von Wert, wenn die Mischung durch den verwandten Beschleuniger, durch Füllstoffe und Alterungsschutzmittel oder durch übermäßige mechanische Bearbeitung so stark erweicht worden ist, daß es bei der Verarbeitung (Spritzen) Schwierigkeiten gibt.<sup>160</sup>

Die am besten bekannten organischen Versteifer sind Benzidin, p-aminophenol, p-phenylen- und m-tolylen-diamin<sup>162</sup> und die Anisidine.<sup>161</sup> Die versteifende Wirkung von Benzidin und p-aminophenol auf eine 30proz. Kabelmischung ist in Tabelle XXII gezeigt.

Tabelle XXII<sup>163</sup>

Zusatz des Versteifers	Weichheit $Y'_2$	Nerv (Recovery) $Y''_1 - Y'_1$ nach Williams (70 ° C)
kein*	3,64	0,14
0,0625 Benzidin auf 100,0 Gummi	4,34	0,30
0,125     "          "	4,54	0,48
0,250     "          "	4,45	0,32
0,250 p-Aminophenol auf 100,0 Gummi	3,93	0,23
0,500     "          "	4,16	0,23

**4. Faktis und Regenerat.** Die gleiche Fähigkeit, die Verarbeitung der rohen Kautschukmischung zu erleichtern, besitzen auch Faktis und zahlreiche Regeneratsorten. Der Effekt manifestiert sich allerdings erst bei

<sup>160</sup> Antisoftener versteifen auch bis zu einem gewissen Grade die vulkanisierte Mischung. Sie können daher dort mit Vorteil verwandt werden, wo es auf Steifheit und Härte des fertigen Produktes ankommt und man nicht über die für die Verstärkung optimale Konzentration mit der Füllstoffbeladung hinausgehen will. Da die Antisoftener nicht flüchtig sind und die Vulkanisation überstehen, sind sie in hitzebeständigen Kautschukmischungen von Wert, indem sie das Weichwerden der Mischung infolge von »Reversion« teilweise durch Versteifung kompensieren.

<sup>161</sup> Vgl. E. C. Zimmerman und L. V. Cooper, loc. cit. Fußnote 155.

<sup>162</sup> Meta-tolylendiamin ist zu 7,5% im Neozone C und zu 25% im Neozone Standard der E. I. du Pont de Nemours & Co., Inc., vorhanden. In dem letzteren teilweise durch Stearinsäure kompensiert.

<sup>163</sup> Nach Vanderbilt News 2 (1932) H. 2

\* Grundmischung bestand aus: 100 Gummi, 100 Zinkweiß, 100 Kreide, 3 Schwefel, 1 Mercaptobenzothiazol. — Mercapto übt eine schwache erweichende Wirkung aus. Ohne den Beschleuniger hatte die rohe Mischung ein  $Y' = 3,78$  und ein  $Y'' - Y' = 0,13$ .

sehr viel höheren Zusätzen als die bei den anderen Erweichungsmitteln üblichen. Aus wirtschaftlichen Gründen ist die Bedeutung dieser beiden Mischungsstoffe in den letzten Jahren zurückgegangen. Auf eine ausführliche Erörterung des Verhaltens dieser Stoffe kann hier verzichtet werden, da Faktis und Regenerat in je einem besonderen Kapitel dieses Buches behandelt werden.<sup>164</sup> Es sei hier nur die sehr wertvolle Eigenschaft des Faktis und des Regenerats hervorgehoben, der rohen Mischung eine gewisse »Stabilität« zu geben, wodurch die Herstellung frei geheizter Gummiwaren, die sonst in der Vulkanisation häufig ihre Form verlieren, erleichtert wird.

5. **Plastizitätsänderungen durch Beschleuniger und Alterungsschutzmittel.** Zahlreiche Beschleuniger, zumal solche vom Äthylidenanilin- oder Aldehydammoniaktyp, haben ausgesprochene erweichende Wirkung auf die rohe Mischung. Bei anderen Beschleunigern ist der Einfluß auf die Plastizität nur gering. Mercaptobenzothiazol und sein Disulfid (Altax, Vulkazit DM) erweichen ganz schwach. Thiuramdisulfid übt, wenn es in kleiner Konzentration verwandt wird, eine geringe Versteifung aus. Auf diese Eigenschaft, die beim Wechsel von einem Beschleuniger zum anderen nicht unbeachtet gelassen werden soll, ist in Tabelle IX bezug genommen.

Auch Alterungsschutzmittel haben bei der Konzentration, in der sie in Mischungen verwandt werden, einen Einfluß auf die Plastizität. Von der versteifenden Wirkung einiger von ihnen wurde schon gesprochen (s. Seite 280). Andere Antioxydantien wirken erweichend, so in starkem Maße der Stabite (Diphenyl-äthyliden-diamin), und in einem sehr viel geringerem VGB (Acetaldehydanilin-chlorhydrat), Neozone A (Phenyl- $\alpha$ -naphthylamin), Antox (Butyraldehyd-p-aminophenol) und Age-Rite-Harz (Aldol- $\alpha$ -naphthylamin).<sup>165</sup>

6. **Scorching (»Anbrennen«).** Wichtiger als diese Plastizitätsänderungen durch Beschleuniger sind für den Verarbeitungsprozeß diejenigen, die beim Erwärmen der rohen beschleunigten Mischung stattfinden. Man ist übereingekommen, unter der Plastizität eines Stoffes seine Verformbarkeit bei einer bestimmten Standardtemperatur (z. B. 70° C) zu verstehen. Die Verformbarkeit ist jedoch um so größer, je höher die Temperatur ist, bei der man sie mißt.<sup>166</sup> Man kommt daher mit einem um so geringeren Aufwand an Walzarbeit und einem um so geringeren Zusatz von Erweichungsmitteln aus, je höher man im Herstellungsprozeß die Temperatur der Verarbeitungsmaschinen halten kann.

<sup>164</sup> Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß bei weitem nicht alle auf dem Markt befindlichen Regeneratsorten eine plastizierende Wirkung ausüben. Namentlich fehlt diese Fähigkeit oft den hochwertigen Regeneraten (vgl. G. Martin u. H. C. Baker, Trans. I.R.I. 9 (1933) S. 14). Fast alle Regenerate haben jedoch die Eigenschaft gemein, das »Erholen« der durch Spritzen oder Kalandrieren hergestellten Kautschukgegenstände (recovery) zu verringern.

<sup>165</sup> Vgl. W. Norris, I.R.W. 81 (1930) Nr. 6 S. 54 und 82 (1930) Nr. 1 S. 55

<sup>166</sup> Vgl. E. O. Dieterich u. J. M. Davies, Ind. Engng. Chem., Anal. Ed. 3 (1931) S. 297. Der Temperaturkoeffizient der Plastizität.



Der Temperaturerhöhung ist jedoch in der Praxis sehr bald eine Grenze gesetzt. Erhitzt man eine beschleunigte Mischung und mißt ihre Plastizität bei verschiedenen Temperaturen, so wird man nicht, wie bei der beschleunigerfreien, einen monotonen Anstieg der Verformbarkeit bis nahe an die Vulkanisationsgrenze feststellen, sondern in der Plastizitätskurve tritt früher oder später ein Knick ein. Die Mischung beginnt ihre Verformbarkeit einzubüßen. Diese Plastizitätsänderung geschieht oft bei Temperaturen des Spritzens und Kalandrierens und wird mit dem Namen Scorching (Anbrennen) bezeichnet.

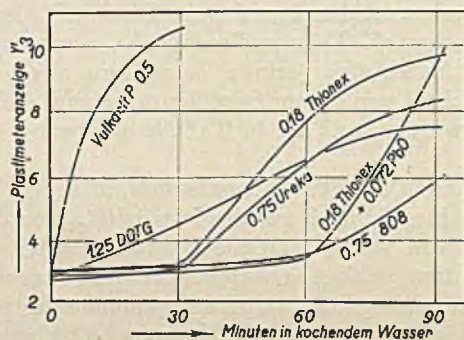


Abb. 193. Zur »Scorching«-Tendenz einiger Beschleuniger

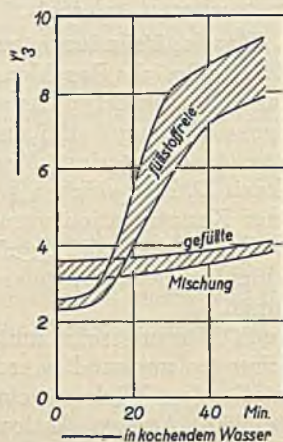


Abb. 194. Neigung zum »Anbrennen« in füllstoffarmer und in stark gefüllter Mischung

Die Plastizitätsverminderung durch Scorching ist eine Funktion der Temperatur und der Dauer. Um die Verhältnisse übersichtlicher zu gestalten, nimmt man meist an, daß die Temperatur der Masse bei der Verarbeitung  $100^{\circ}\text{C}$  nicht übersteigt. Als »Sicherheit« eines Beschleunigers betrachtet man dann die Zeit, die notwendig ist, um ein Einsetzen des Scorching bei dieser Temperatur hervorzurufen. In Abb. 193 sind die Verhältnisse für einen sofort wirkenden Ultrabeschleuniger (Vulkazit P) und eine Reihe von Beschleunigern mit »verzögerter« Wirkung gezeigt.

Die Neigung zum Anbrennen ist nicht nur abhängig von der Art des Beschleunigers, sondern auch von der gewählten Schwefel- und Beschleunigerdosierung. Sie kann verschieden sein (wie Abb. 194 am Beispiel des Zn-Dimethyl-dithiocarbamat [Zimate] lehrt), je nachdem, ob man den Beschleuniger in einer Reingummi- oder in einer hoch mit Füllstoffen beladenen Mischung untersucht. Der Scorching verschiedener Beschleuniger ist auf plastimetrischem Wege von Krall<sup>167</sup>, Dieterich und Davies<sup>166</sup>, Schidrowitz und Phillpott, Dinsmore und Vogt<sup>168</sup>, J. Behre<sup>173</sup> und Fabrizieff und Schabanowa<sup>169</sup> untersucht worden.

<sup>167</sup> loc. cit. S. 277

Andere Methoden zu seiner Messung wurden von H. R. Thies<sup>170</sup>, von G. Martin und R. Thiollet<sup>171</sup>, von C any<sup>172</sup> und von anderen benutzt, die dementsprechend nicht immer zu übereinstimmenden Resultaten gelangten.

Die von Dinsmore und Vogt gegebene Bewertung der Scorchingtendenz einer Reihe von Beschleunigern ist in Tabelle IX wiedergegeben, wobei diese Tendenz in einer willkürlichen Skala mit den Zahlen 1 bis 12 bezeichnet worden ist. Der niedrigsten Zahl (Xanthate = 1) entspricht die höchste Neigung zum Anbrennen.

Zu einer davon etwas abweichenden Bewertung gelangen Martin und Thiollet (loc. cit.), die 11 untersuchte Beschleuniger, mit den gefährlichsten beginnend, in die folgenden sechs Gruppen einteilen:

1. Zn-iso-propylxanthat (z. B. Vulkafor XIX der I. C. I. Ltd.).
2. Zn-methylphenyl-dithiocarbamat (Accelerateur reapide R der Saint-Denis).
3. Thiocarbanilid, Äthylidenanilin.
4. Mercaptobenzothiazol, Tetramethyl-thiuram-disulfid.
5. Disubstituierte Guanidine, p-nitrosodimethylanilin.
6. Triphenylguanidin, Anhydroformaldehydanilin, p-toluidin.

Eine ausführliche plastimetrische Studie über die Scorchingtendenz der bekanntesten Beschleuniger haben Fabrizieff und Schabanowa (loc. cit.) begonnen. Auf Grund ihrer bisher veröffentlichten Zahlen läßt sich noch keine Klassifikation der Beschleuniger bezüglich ihrer »Sicherheit« treffen. Die Zahlen zeigen unter anderem den Einfluß verschiedener Dosierungen des Schwefels und des Beschleunigers. Sie illustrieren die außerordentlich geringe Scorchingtendenz des Benzothiazylidisulfids (Altax, Vulkazit DM) und veranschaulichen weiter, daß die Verwendung des Thiurams in den gangbaren Dosierungen eine geringere Gefahr in der Fabrikation mit sich bringt als z. B. die Verwendung von Mercaptobenzothiazol oder A-7 und A-16.<sup>174a</sup>

**7. Verzögerung des Scorching.** Die Neigung einer Mischung zum Anbrennen kann durch geeignete Zusätze nicht unbeträchtlich reduziert werden, wobei es teilweise gelingt, die Aktivität des Beschleunigers bei der (höheren) Vulkanisationstemperatur unbeeinträchtigt zu lassen. Als solches verzögerndes Agens kann in Verbindung mit den Thiuramen (Thiuram-mono- und disulfid), ebenso wie mit den Dithiocarbamaten (Zimate und Vulkazit P) die Bleiglätte benutzt werden. In Abb. 193 ist unter anderem die Wirkung von 0,072% Bleiglätte auf eine Mischung mit 3% Schwefel und 0,18% Thionex (Tetramethyl-thiurammonosulfid) gezeigt. Für den letzten Beschleuniger ist auch ein hellfarbiger Verzö-

<sup>168</sup> loc. cit. S. 240

<sup>169</sup> Journ. Rub. Ind. 8 (Moskau 1932) S. 217. Auszugsweise übersetzt: R.G.C. 10 (1933) Nr. 92 S. 3

<sup>170</sup> Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 1923

<sup>171</sup> C. et G.-P. 26 (1929) S. 14 494; dc.: R.Ch.T. 2 (1929) S. 356

<sup>172</sup> R.G.C. (1931) Nr. 75

<sup>173</sup> Kautschuk 8 (1932) S. 2

<sup>174a</sup> Diese Tatsache ist interessant und bedarf einer sorgfältigen Prüfung.



gerer von etwa der gleichen Wirksamkeit wie die Bleiglätte, das Antiscorch T, entwickelt worden.<sup>174</sup>

Eine Reihe von scorchingverzögernden Materialien wurde von H. R. Thies<sup>175</sup> untersucht, wobei die Wirkung der Erweichungsmittel, wie Fichtenteer, Harzöl, Mineralöl, ebenso wie einer Reihe spezifisch wirkender Stoffe, wie o-Chlorbenzoesäure, Benzoesäure, Glycerinphthalat, Zinkresinat usw., in einer Konzentration bis zu 1% geprüft wurde.

Ein weiterer Weg, die Neigung einer Mischung zum Anvulkanisieren zu verringern, besteht darin, ein Gemisch aus zwei oder mehr Beschleunigern statt eines zu benutzen.

Benzothiazyl-disulfid ist z. B. ein Semiultrabeschleuniger mit nur außerordentlich geringer Neigung zum Scorching. 120 Minuten auf 105° C genügen nicht, um eine Vulkanisation (Fixation<sup>175a</sup>) der Mischung hervorzurufen. Andererseits vulkanisiert er bei verhältnismäßig hoher Temperatur, und es sind 30' bei 148° C oder 15' bei 153° C notwendig, um das Optimum mit 1% Altax und 3% Schwefel zu erreichen. Tetramethylthiuramdisulfid, auf der anderen Seite, ist zwar auch kein übermäßig gefährlicher Beschleuniger (s. oben), er greift jedoch (in einer Dosierung von 0,2% + 3% S) bereits nach 30 Minuten bei 105° C an und erreicht in 120' bei 105° C bereits Vulkanisationsoptimum. Um die Thiurammischung auszuvulkanisieren sind notwendig 30' bei 125,5°, 15' bei 142° C und 5' bei 153° C. Stellt man eine Mischung her, die sowohl 0,2% Thiuramdisulfid als auch 1% Benzothiazyl-disulfid enthält, so erhält man eine Masse, die sowohl den Vorteil einer Vulkanisation bei niedriger Temperatur besitzt (sie erreicht, genau so wie die Thiurammischung, ihr Optimum bei 30' auf 125,5° C, 10' bei 142° C und 5' bei 153° C), als auch den Vorteil hoher Betriebssicherheit, denn die Mischung bleibt unanvulkanisiert nach 90 Minuten bei 105° C. Die Festigkeitseigenschaften des Produktes mit den zwei Beschleunigern sind denen mit Thiuram allein hergestellten nicht nachstehend. Ihr Modul ist sogar höher.<sup>176</sup>

Einen analogen Effekt hat Benzothiazyl-disulfid auf Zink-dimethyl-dithiocarbamat.

### b) Löslichkeit der rohen Mischung

Die Löslichkeit, d. h. die Leichtigkeit, mit der die Mischung in einem organischen Mittel in Lösung gebracht werden kann, hängt wesentlich von dem Mastikationsgrad ab. Sie ist jedoch keine eindeutige Funktion der Plastizität.<sup>177</sup> Großen Einfluß auf die Löslichkeit haben die ein-

<sup>174</sup> Hergestellt von E. I. du Pont de Nemours, Inc., USA. Ein anderer auf dem Markt befindlicher Verzögerer ist der Retardex (C. P. Hall Co., USA.).

<sup>175</sup> Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 1357

<sup>175a</sup> »Fixiert« ist die Masse, wenn sie als ein zusammenhängendes Stück aus der Form genommen werden kann.

<sup>176</sup> Vgl. hierzu Vanderbilt News, Bd. 2 (1933)

<sup>177</sup> So erreicht z. B. die Plastizität bereits wenige Stunden nach dem Walzen einen asymptotischen Wert (siehe S. 314), und ein weiteres Ruhenlassen verändert die Plastizität nicht nennenswert. Anders ist es mit der Löslichkeit. Sie nimmt beim Lagern monoton ab, wobei die Verminderung um so stärker ist, je weniger der Gummi gewalzt war.

gemischten Füllstoffe. Aktive Materialien, wie Kanalprozeß-Gasruß<sup>177a</sup> und kolloidales Zinkweiß, können, in einer Konzentration von 20 Volumen auf 100 Volumen Gummi beigegeben, die Mischung so gut wie unlöslich machen. Ein Stück solcher Masse quillt, wenn es in ein organisches Lösungsmittel gebracht wird, es bewahrt jedoch seine individuelle Form.<sup>178</sup>

Eine ebenso fast unlösliche Mischung liefern bei höheren Konzentrationen die Magnesia carbonica und bei etwa 40 Volumen auf 100 Gummi auch das gewöhnliche (nicht kolloidale) Zinkweiß.

Im allgemeinen brauchen Mischungen mit Stoffen, die flockulieren mehr Zeit, um eine Lösung zu bilden, als mit Stoffen, die gut dispergiert sind. Dieser Erscheinung überlagert sich der Einfluß der Teilchenfeinheit. In der Reihenfolge steigender Löslichkeit damit hergestellter Mischungen lassen sich die Stoffe etwa wie folgt anordnen: Kanalprozeß-Gasruß — Kadox — Zinkweiß — Kaolin — Blanc fixe — Kreide. Die Löslichkeit einer Mischung wird durch die Anwesenheit von Erweichungsmitteln, ebenso wie von Faktis begünstigt.

### c) Klebrigkeit der rohen Mischung

Die Klebrigkeit der rohen Mischung interessiert den Praktiker in zweifacher Hinsicht. Sie ist störend beim Kalandrieren und Einrollen der Platte in den Mitläuferstoff, da sie ein Festkleben des Gummis an dem Gewebe verursacht. Sie ist auf der anderen Seite unentbehrlich, wenn das Kautschukerzeugnis im Verlauf seiner Herstellung aus einzelnen Gummipplatten aufgebaut wird.

Auf die Klebrigkeit der rohen Mischung hat die Art des Rohgummis einen Einfluß. Harzreiche Kautschuksorten (Wildkautschuk, Guayule) geben Mischungen von höherer Klebrigkeit als Plantagensorten. Die Waschung des Rohgummis setzt die Klebrigkeit herab<sup>179</sup>, die Mastikation, ebenso wie der Zusatz von nicht ausschwitzenden Erweichungsmitteln (zumal Fichtenteerfraktionen und Tackol) erhöhen sie. Das Ausblühen von Schwefel wie von anderen festen oder flüssigen Mischungstoffen an die Oberfläche der rohen Mischung unterbindet ihre Klebrigkeit.

Die pulverförmigen Zusätze vermindern in der Regel die Klebrigkeit der Mischung. Kanalprozeß-Gasruß und die Magnesiumverbindungen trocknen die Mischung stark aus. Ebenso nehmen ihr Regenerat und Faktis ihre Klebrigkeit. Im Gegensatz dazu erhalten Zinkweiß und die thermatomischen Ruße die Mischung klebrig.

<sup>177a</sup> Inaktive Gasruße haben keinen oder nur geringen Einfluß auf die Löslichkeit.

<sup>178</sup> Eine Theorie dieser Erscheinung, die vom Vorhandensein einer Oberflächenbindung zwischen Kautschuk und Füllstoff zeugt, gaben H. A. Dewey (Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 1027), P. Stamberger, Kautschuk 7 (1931) S. 182 und F. Boiry, loc. cit. S. 221

<sup>179</sup> Vgl. R. W. Griffiths und M. Jones, Trans. I.R.I. 4 (1928) S. 235, wo auch der Einfluß der Temperatur und einer Reihe anderer Faktoren auf die Klebrigkeit beschrieben und eine originelle Meßmethodik für die Klebrigkeit der rohen Mischung angegeben wird.



## 6. Elektrische Eigenschaften und die Wasserabsorption

Die Werkstoffe der elektrischen Isoliertechnik, die sogenannten »Dielektrika«, sind durch die folgenden Eigenschaften charakterisiert:

1. Den Isolationswiderstand (für Gleich- und für Wechselstrom).
2. Die Dielektrizitätskonstante.
3. Den Leistungsfaktor.
4. Die Durchschlagsfestigkeit.

Da die Anwesenheit von Feuchtigkeit im Isolator sämtliche elektrische Eigenschaften stark beeinträchtigt, und die Neigung einer Kautschukmischung zur Wasseraufnahme bei ihrer Verwendung für Isolationszwecke nicht außer Betracht gelassen werden darf, erscheint es berechtigt, parallel zu den elektrischen Eigenschaften

5. die Wasserabsorption der Mischungen zu besprechen.

Der Begriff des **Isolationswiderstandes** wird hier in seiner elementaren Bedeutung gebraucht. Er bedeutet den spezifischen Leitungswiderstand, den das Dielektrikum einem Stromdurchgang entgegensetzt, wenn man geringe und mittlere Spannungen anlegt. Der Isolationswiderstand von Kautschukmischungen ist von der Größenordnung  $10^9$  Ohm/cm<sup>3</sup>. Er ist wahrscheinlich das am besten bekannte elektrische Charakteristikum. Seine praktische Bedeutung steht jedoch hinter der Bedeutung der anderen in diesem Abschnitt behandelten Eigenschaften zurück.

Steigert man die Prüfspannung in die Größenordnung einiger Hundert oder Tausend Volt pro Millimeter Stärke des Dielektrikums, so tritt **Durchschlag** ein. Das Zusammenbrechen des Isolators unter hoher Spannung ist teilweise ein mechanischer, zu einem großen Teil jedoch ein thermischer Effekt. Es ist von bleibenden Veränderungen der elektrischen Charakteristik des Materials begleitet. Im allgemeinen ist es wünschenswert, die **Durchschlagsfestigkeit** von Kautschukmischungen so hoch wie möglich zu halten. Wenn ein isoliertes Kabel sich auf hoher Spannung befindet, ist die Isolationshülle nicht gleichmäßig durch ihre ganze Dicke hindurch beansprucht. Vielmehr ist die Beanspruchung am höchsten unmittelbar an der Oberfläche des Leiters und am geringsten an der Außenfläche der Isolation. Die maximale Spannungsbelastung  $g$  in dem Isoliermaterial kann mit Hilfe der folgenden Formel berechnet werden.<sup>180</sup>

$$g = \frac{0,868 \cdot V}{d \cdot \log_{10} \frac{D}{d}} \text{ Volt/mm,}$$

wobei  $V$  die Spannung in Volt,  $d$  den Durchmesser des Leiters und  $D$  den äußeren Durchmesser der Isolation bedeutet. Gummikabel werden (nach Davis<sup>180</sup>) so berechnet, daß sie mit einem  $g$  von 10 bis 75 V/mm arbeiten.

<sup>180</sup> Einzelheiten über Definition und Messung der elektrischen Größen siehe z. B. E. W. Davis, R. T. Vanderbilt Handbook (1932) S. 74

**Dielektrizitätskonstante und Leistungsfaktor.** Kautschukmischungen haben mit den anderen Dielektrics die Eigenschaft gemein, im elektrischen Felde eine Polarisierung zu erleiden und Ladung zu speichern. Das Verhältnis der Ladung, die in einem gegebenen Isoliermaterial gespeichert wird, zu der unter identischen Bedingungen von der Luft (als Dielektrikum) gespeicherten, nennt man die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$ .<sup>181</sup> Kautschukmischungen können mit einem  $\epsilon$  zwischen 2,7 und 9 oder 10 hergestellt werden. Es ist wünschenswert, die Dielektrizitätskonstante so niedrig wie möglich zu halten.

Ändert sich nämlich die Stärke und Richtung des elektrischen Feldes fortwährend, wie dies beim Fließen eines Wechselstromes der Fall ist, so findet eine dauernde Umpolarisierung des Dielektrikums statt. Es entsteht

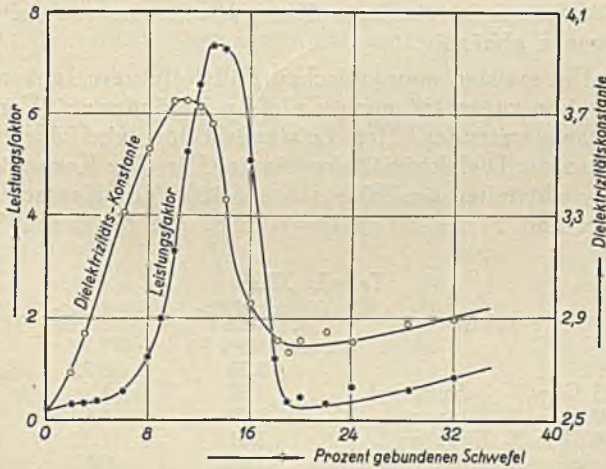


Abb. 195. Abhängigkeit der dielektrischen Eigenschaft einer Reingummimischung von der Menge des gebundenen Schwefels

hierbei ein Energieverlust, der sich häufig rein äußerlich in einer Erwärmung der Isolation kundgibt. Das Verhältnis (in Prozenten) der im Dielektrikum verlorenen Energie zu den Volt-Ampere, die zum Aufladen des Dielektrikums notwendig sind, nennt man den **Leistungsfaktor**. Der dielektrische Wechselstromverlust ist für ein bestimmtes Isolationsmaterial charakteristisch. Er hängt allerdings von einer Reihe äußerer Umstände ab, so von der Temperatur bei der man ihn mißt, von der Frequenz des Stromes, der Höhe der angelegten Spannung usw.

Kautschukmischungen können einen Leistungsfaktor zwischen 0,25 % und 25 % haben. Der Leistungsfaktor einer Isolation soll so niedrig wie

<sup>181</sup> Jedes Kabel ist als ein Zylinderkondensator aufzufassen. Seine Kapazität  $C$  (in Microfarad pro 100 m Länge) kann aus der folgenden Formel errechnet werden:

$$C = \frac{0,00241 \cdot \epsilon}{\log_{10} \frac{D}{d}}$$

wobei  $\epsilon$  die Dielektrizitätskonstante,  $d$  den Durchmesser des Leiters und  $D$  den äußeren Durchmesser der Isolation bedeutet.<sup>180</sup>



nur möglich sein. Dies besonders für Telephon- und Hochspannungskabel. Bei den ersteren ist — unter sonst gleichen Bedingungen und bei gleichmäßiger induktiver Last — die Schwächung eines übermittelten Zeichens dem Leistungsfaktor der Isolation direkt proportional.

**Aufnahme von Schwefel.** Rohgummi ist ein ausgezeichnete Isolator. Schwefelaufnahme erhöht seinen Widerstand jedoch noch weiter. So übertrifft z. B. der Widerstand des Hartgummis denjenigen des Rohgummis um den siebenfachen Betrag.

Ein interessanter Zusammenhang besteht zwischen der Schwefelaufnahme und der Dielektrizitätskonstanten bzw. dem Leistungsfaktor (Abbildung 195). Beide Größen (Dielektrizitätskonstante wie Leistungsfaktor) gehen mit steigendem Gehalt an gebundenem Schwefel durch ein Maximum.<sup>182</sup> Jedoch ist die Lage dieses Maximums von der Wahl der Versuchsfrequenz abhängig.<sup>182a</sup>

**Füllstoffe.** Die meisten anorganischen Füllstoffe verursachen, in mäßiger Konzentration zugesetzt, nur geringe Veränderung (Verringerung) des Isolationswiderstandes. Der Leistungsfaktor wird durch sie vergrößert, ebenso die Dielektrizitätskonstante. Für eine Konzentration von 45 bis 50 Gewichtsteilen des Füllstoffs auf 100 Teile Kautschuk wurden von Curtis und McPherson<sup>182</sup> z. B. die folgenden Werte gemessen:

Tabelle XXIII

Grundmischung	Füllstoff	Dielektrizitätskonstante $\epsilon$ gemessen bei $f = 1000$ Hz.	Leistungsfaktor, %	Widerstand Ohm/cm $\times 10^{-14}$
1	kein	2,70	0,32	90
1	+ 45 Gew.% Schwerspat	3,37	1,1	20
1	+ 50 Gew.% Titanweiß	3,77	1,1	13
1	+ 46 Gew.% Eisenoxyd	3,61	1,39	30
2	+ kein	2,62	0,75	190
2	+ 49 Gew.% Kaolin	3,27	1,13	170

Ein in elektrischer Hinsicht sehr günstiger Füllstoff ist das Zinkweiß (vgl. die im folgenden aufgeführten Kabelmischungen).

Eine gewisse Sonderstellung unter den Füllstoffen nimmt der aktive Gasruß ein. In größeren Mengen zugesetzt, übt er einen starken Einfluß auf den Leistungsfaktor aus. Bei 10% Rußzusatz zur Kabelmischung sind die Verluste zehnmal so groß wie bei der Grundmischung, bei 20% steigen sie auf den dreißigfachen Wert.<sup>182</sup>

Nicht so ausgesprochen ist die Verringerung des Isolationswiderstandes. Bei einer Mischung mit 25% Rußzusatz fanden Curtis und McPherson den noch ansehnlichen Isolationswert von  $1 \cdot 10^{13}$  Ohm/cm. Durch 35% Gasruß wird dieser Wert allerdings schon in die Größenordnung  $10^8$  Ohm/cm erniedrigt. Gleichfalls sehr nachteilig ist die Wirkung von großen Konzentrationen von aktivem Gasruß auf die Durchschlagsfestigkeit.<sup>183</sup> Ein Zusatz von 30 Teilen auf 100 Teile der Grund-

<sup>182</sup> Curtis, McPherson, Scott, Technol. Paper Bur. Stand. Nr. 299, Scient. Paper Bur. Stand. Nr. 560. Dementsprechend wächst auch der Leistungsfaktor mit fortschreitender Vulkanisation.

<sup>182a</sup> D. W. Kitchin, R. A., N. Y., 24 (1929) S. 971.

mischung setzen die Durchschlagsfestigkeit auf ein Zehntel des Wertes von Rohgummi herab. Viel weniger ausgesprochen ist die Wirkung von weichem Gasruß, der durch thermische Zersetzung erhalten wurde.<sup>183, 184</sup>

Dieses Bild verändert sich aber sofort, wenn man nur 2 bis 4 Volumprozent Gasruß zu einer Kautschukisoliermischung zugibt, d. h. rund 10 Volumprozent auf ihren Gummigehalt, und darauf achtet, daß der verwandte Ruß trocken ist. Bis zu dieser Volumenkonzentration bleiben, wie W. B. Wiegand und C. R. Boggs<sup>185</sup> zeigten, Leistungsfaktor und Dielektrizitätskonstante praktisch unverändert, während gleichzeitig Durchschlagsfestigkeit und Isolationswiderstand durch ein ausgesprochenes Maximum gehen. Der von Wiegand und Boggs erwiesene günstige Einfluß geringer Gasrußmengen auf drei typische Isoliermischungen ist in der Tabelle XXIV veranschaulicht.

Tabelle XXIV

Mischung	40prozentig			30prozentig			35prozentig mit Regenerat		
Smoked Sheets . . . . .	40,45			30,17			35,5		
Kreide . . . . .	42,10			53,29			—		
Zinkweiß . . . . .	13,30			11,16			23,0		
Paraffin . . . . .	2,21			—			—		
Phenyl- $\beta$ -naphthylamin . . . . .	0,22			0,15			0,5		
Tetramethyl-thiuram-monosulfid	0,12			0,12 Beschl.			0,1		
Schwefel . . . . .	1,60			1,39			1,9		
Ozokerit . . . . .	—			1,24			—		
Bleiglätte . . . . .	—			2,48			—		
Alkali-Reifenregenerat . . . . .	—			—			21,7		
Mineralrubber . . . . .	—			—			17,3		
	100,0			100,0			100,0		
Günstigste Gasrußkonzentration (Vol. % auf Gesamtmischung)	3,5			2			3		
	ohne Ruß			ohne Ruß			ohne Ruß		
	mit Ruß			mit Ruß			mit Ruß		
	±%			±%			±%		
Durchschlagsfestigkeit, V/mm . . . . .	408	571	+ 40	505	528	+ 5	370	420	+ 14
Isolationswiderstand 10 <sup>-6</sup> Ohm/cm <sup>2</sup>	193	325	+ 68	333	473	+ 42	1500	1635	+ 2,5
Dielektrizitätskonstante (bei f = 1000 Hz) . . . . .	4,39	4,99	+ 14	4,66	5,02	+ 8	3,94	4,02	+ 2
Leistungsfaktor, % (f = 1000 Hz)	1,05	0,793	— 24	0,57	0,59	+ 3,5	—	—	unbedeutend

**Einfluß von Beschleunigern und Alterungsschutzmitteln.** Eine systematische Untersuchung des Einflusses von Beschleunigern und Alterungsschutzmitteln auf die elektrischen Eigenschaften von Kabelmischungen wurde erst in jüngster Zeit durchgeführt.<sup>186</sup> Auch ist es den bisherigen Arbeiten, obwohl sie ein umfangreiches experimentelles Material darstellen, nicht gelungen, allgemeinere Gesichtspunkte herauszuarbeiten, oder sei es auch einen Zusammenhang zwischen Wasserabsorption der Mischung und der dabei auftretenden Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften festzustellen.

<sup>183</sup> H. Heering, Kautschuk 6 (1930) S. 129

<sup>184</sup> P. Dunsheath, Trans. I.R.I. 2 (1927) S. 460

<sup>185</sup> Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 822. Einen ähnlichen Effekt von Gasruß auf Isolieröle haben W. B. Wiegand, C. R. Boggs und D. W. Kitchin, Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 273 nachgewiesen.

<sup>186</sup> I. H. Ingmanson, C. W. Scharf u. R. L. Taylor, Ind. Engng. Chem. 25 (1933) Seite 83



Es erwies sich, daß die Art des verwendeten Beschleunigers oder Alterungsschutzmittels im wesentlichen nur auf den Widerstand und die Wasserabsorption einen Einfluß hat.

**Die Wasserabsorption.**<sup>187</sup> Allgemein ist zu sagen, daß Vulkanisation die Wasser- bzw. Feuchtigkeitsabsorption verändert. Mit fortschreitender Vulkanisation nimmt die Fähigkeit der Mischung Wasser aufzunehmen zunächst ab, erreicht ein Minimum (das zeitlich später liegt als das Optimum für die mechanischen Eigenschaften), und steigt dann wieder an. Zwischen den einzelnen Gummisorten bestehen im rohen Zustande in bezug auf die Feuchtigkeitsaufnahme markante Unterschiede. Diese Verschiedenheit wird jedoch durch die Vulkanisation vollständig verwischt.

In bezug auf den Einfluß der Beschleuniger besteht in der Literatur keine Übereinstimmung. Im Gegensatz zu *Ingmanson*<sup>186</sup> und seinen Mitarbeitern, fanden *Skinner* und *Drakeley* (loc. cit.)<sup>187</sup>, daß die Mischungen mit Diphenylguanidin die niedrigsten Absorptionswerte geben. Auch in bezug auf die Beeinflussung der Wasseraufnahme durch Füllstoffe gehen die Ansichten der einzelnen Autoren auseinander. Nach *Winkelmann* und *Croakman* (loc. cit.)<sup>187</sup> hat nur Thermatomicruß die Fähigkeit, die Wasserabsorption einer Mischung zu erniedrigen, während Kaolin und Zinkweiß und in einem geringeren Maße Kreide und Schwerspat, die Wasserabsorption erhöhen. Gasruß hat so gut wie keinen Einfluß. *Skinner* und *Drakeley* finden dagegen, daß alle Füllstoffe die Wasseraufnahme der Mischung verringern, und zwar in dem Maße, wie sie die Gummisubstanz ersetzen. Als Reihenfolge ergibt sich: Gasruß — Kreide — leichtes Magnesiumkarbonat — Zinkweiß — kolloidales Kaolin. Der zuletzt genannte Füllstoff gibt Mischungen mit der geringsten Wasserabsorption, obwohl seine Eigenabsorption für Wasser im Verhältnis höher ist als die der anderen hier erwähnten Stoffe.

## 7. Spezielle technologische Eigenschaften

### a) Luftdurchlässigkeit

Der Widerstand, den Kautschukmembranen dem Durchgang von Gasen entgegenstellen, ist von Wichtigkeit bei einer Reihe von Erzeugnissen, so bei Schläuchen von Automobilreifen, bei Gummierungen von Ballonhüllen, bei Bällen aller Art, Gasmasken usw. Die Luftdurchlässigkeit ist linear proportional dem Druckunterschied zu beiden Seiten der

<sup>187</sup> Über den Mechanismus der Wasseraufnahme vergleiche: *Boggs & Blake*, Ind. Engng. Chem. 18 (1926) S. 224; *Lowry & Kohman*, J. Phys. Chem. 31 (1927) S. 23

Über die Wasserabsorption des Rohgummis: *Skinner & Drakeley*, Trans. I.R.I. 7 (1931) S. 196

Einfluß der Füllstoffe: *Winkelmann & Croakman*, Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 12 u. 1367; *S. J. Skinner & T. J. Drakeley*, Trans. I.R.I. 8 (1932) S. 117

Membran und der Temperatur des Gases, und umgekehrt proportional der Stärke der Membran. Sie ist in hohem Maße abhängig von der Natur des Gases.<sup>187a</sup>

Die Permeabilität des Kautschuks und im besonderen der Einfluß der Mischungsstoffe wurde von Daynes<sup>188</sup>, W. S. Davey und T. Ohya<sup>189</sup> und im besonderen von V. N. Morris und I. N. Sreet<sup>190</sup> und von V. N. Morris<sup>191</sup> untersucht. Die letzteren fanden, daß in dem Maße, wie der Kautschuk durch gasundurchlässige Stoffe in der Mischung ersetzt wird, die Permeabilität des Gummis abnimmt. So liefert Guayule infolge ihres hohen Harzgehaltes Mischungen von geringerer Luftdurchlässigkeit als die Plantagensorten. Füllstoffe, in einer Konzentration von 15 Volumprozent in den Kautschuk eingemischt, verringern die Permeabilität sowohl der gestreckten als auch der ungespannten Membran; freilich ist diese Verbesserung nur gering. Die besten Resultate erzielt man mit Gasruß und Kaolin, an zweiter Stelle folgen Blanc fixe und Zinkweiß, und die geringste Erniedrigung der Durchlässigkeit geben Thermaxruß und Kreide.<sup>192</sup> Erweichungsmittel haben keinen Einfluß.

#### b) Beständigkeit gegen Öle und organische Lösungsmittel

Kautschuk und Kautschukmischungen unterliegen gewöhnlich einer verhältnismäßig raschen Zerstörung, wenn sie dauernd mit Ölen oder organischen Lösungsmitteln in Berührung stehen. Die Unersetzbarkeit des Gummis für viele solcher Zwecke, wo von dem Werkstoff Biegsamkeit und Elastizität verlangt wird, zwingt die Kautschuktechnologen nach Mitteln und Wegen zu suchen, den Widerstand von Mischungen gegen Lösungsmittel zu erhöhen. Von den zahlreichen Kautschukerzeugnissen, die im Betrieb mit Ölen oder Lösungsmitteln in Berührung kommen, seien hier nur erwähnt: Benzin- und Ölfüllschläuche, die meist zwischen einer biegsamen Metallseele und einer gewebten Decke eine Gummischicht enthalten, ferner Dichtungsringe, Druckereiwalzen, Kabelisolationen in Transformatorenanlagen usw.

Die Beeinträchtigung des Kautschuks durch das Öl oder Lösungsmittel beginnt damit, daß das Kautschukmuster quillt. Bereits nach kurzer Zeit wird eine gewisse Sättigung erreicht, und es folgt dann ein langsamer linearer Anstieg der Quellungskurve (Quellungsinkrement), dessen Ursache nach J. R. Scott<sup>193</sup> in einem fortschreitenden Oxy-

<sup>187a</sup> Setzt man die Diffusionsgeschwindigkeit (ins Vakuum) bei dem Stickstoff = 1, so beträgt (nach Graham) die von Kohlenoxyd 1,11, von Luft 1,15, von Methan 2,15, von Sauerstoff 2,56, von Wasserstoff 5,50 und von Kohlen-säure (trotz ihrer hohen Gasdichte) 13,59.

<sup>188</sup> Trans. I.R.I. 3 (1928) S. 428

<sup>189</sup> Trans. I.R.I. 5 (1929) S. 27

<sup>190</sup> Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 1215

<sup>191</sup> Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 837

<sup>192</sup> Praktisch ist daher auch vom Standpunkt der Luftdurchlässigkeit das Blanc fixe ein günstiger Füllstoff für Luftschlauchmischungen.

<sup>193</sup> Trans. I.R.I. 5 (1929) S. 95



dationsprozeß zu suchen ist, und der daher durch Zusatz von *Alterungsmitteln* verlangsamt werden kann. Die gequollene Masse verliert einen großen Teil ihrer Festigkeit, und es kann vorkommen, daß Stücke davon losgerissen und z. B. mit dem Benzin fortgespült werden. Schließlich tritt dann mechanische Zerstörung des Gummis ein. Wird hingegen frisch gequollener vulkanisierter Kautschuk getrocknet, so gewinnt er einen großen Teil seiner Festigkeit wieder (vgl. Tabelle XXV).

Um die Ölfestigkeit von Kautschukmischungen zu erhöhen, sind im wesentlichen die folgenden Wege beschritten worden:

1. Da die Nichtkautschukbestandteile einer Mischung im allgemeinen kein Öl absorbieren, fällt die Quellbarkeit einer Mischung mit steigendem

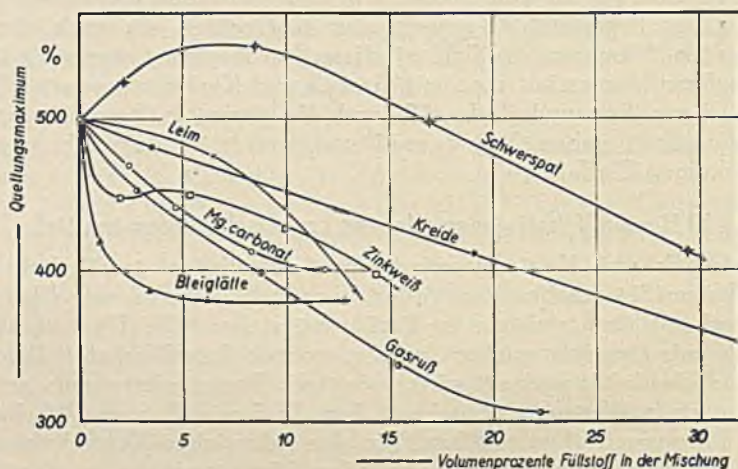


Abb. 196. Einfluß der Füllstoffe und ihrer Konzentration auf die Beständigkeit der Mischung gegen Quellungsmittel

Füllstoffgehalt. Wie Abb. 196 zeigt, ist der Effekt der einzelnen Füllstoffe ungleich groß, auch macht z. B. Schwerspat eine Ausnahme, indem es bei kleinen Konzentrationen die Quellbarkeit sogar erhöht.<sup>194</sup> Die verstärkenden Füllstoffe reduzieren die Quellbarkeit in höherem Maße als die inerten. Die Wirksamkeit in den einzelnen Konzentrationsbereichen ist jedoch verschieden. Bei geringen Zusätzen sind Bleiglätte und Zinkweiß am aktivsten. Bei höheren Zusätzen sind es Gasruß und Leim. Sehr wirksam ist auch das Magnesiumkarbonat. Durch thermische Zersetzung von Naturgas gewonnene Ruße sind bei kleiner und mittlerer Konzentration (20 Volumina) mit dem aktiven Gasruß vergleichbar.<sup>195</sup> Bei hohen Konzentrationen (100 Gewichtsprozent, 200 Gewichtsprozent) sind sie nicht so wirksam wie die zuerst genannten. An-

<sup>194</sup> Schwerspat macht auch darin eine Ausnahme, daß es die Bruchdehnung einer Mischung vergrößert.

<sup>195</sup> Vgl. Katsumi Ishiguro, Rub. Chem. Technol. 6 (1933) S. 278. Leider sind die Angaben Ishiguros insofern etwas unsicher, als der Einfluß der Vulkanisation von ihm nicht genügend berücksichtigt wurde.

dererseits härten sie die Mischung nicht in dem Maße wie die aktiven Ruße, und es ist möglich, mehr davon zuzumischen, ohne eine gewisse Steifheit zu überschreiten. Die folgende Zusammenstellung soll die Verhältnisse veranschaulichen.<sup>196</sup>

Tabelle XXV

Ruß	auf 100 Teile Gummi		Min.-Vulk. bei 298° F	Quellung %		Ursprüngliche Festigkeit			Festigkeit der gequoll. Probe			Festigkeit der gequollenen u. sod. getrockn.			Härte	
	Gew.-Teile	Vol.-Teile		nach 1 Tag	nach 7 Tag.	Mod. 400 %	Reißfestig. lbs/in <sup>2</sup>	Bruchdehng. %	Mod. 400 %	Reißfestig.	Bruchdehng.	Mod. 400 %	Reißfestig.	Bruchdehng. %	Original	7 Tage gequoll.
Kanalprozeß	100	53,2	30	126	131	—	2490	270	—	625	125	—	2770	230	88	58
P. 33	100	53,2	30	186	187	1500	2800	620	605	630	410	1490	2760	620	70	33
P. 33	200	107,5	30	128	133	1620	1850	455	—	785	320	1670	1850	450	87	50
Thermax	100	53,2	30	180	187	1590	1885	505	605	650	430	1670	2170	520	63	37
Thermax	200	107,5	30	119	121	—	1110	240	—	600	200	—	1150	240	84	56
Grundmischung	—	—	30	351	360	245	2820	700	210	350	505	245	2920	825	40	14

Unerwartet niedrige Ölabsorption zeigen nach Ishiguro<sup>195</sup> auch Mischungen mit Kieselgur und Talkum (bei 20 Volumina), obwohl diese Füllstoffe sonst das Vulkanisat nicht zu verstärken pflegen.

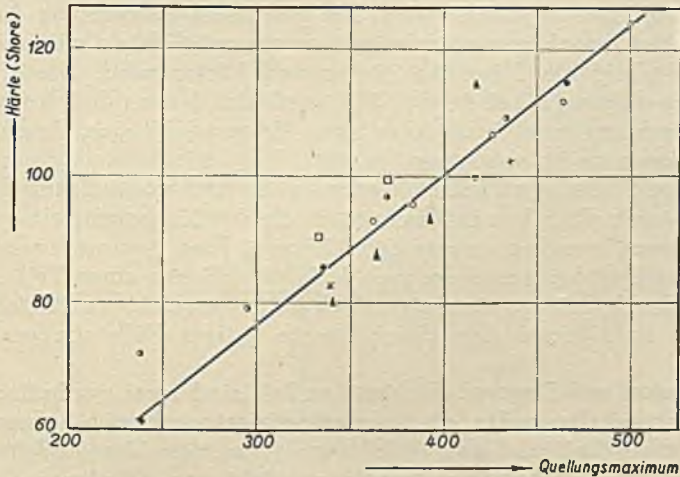


Abb. 197. Zusammenhang zwischen Beständigkeit gegen Quellungsmittel und Härte

Der durch Zusatz von Füllstoffen erzielbare Effekt ist jedoch limitiert, da — wie Abb. 197 zeigt<sup>193</sup> — ein für alle Füllstoffe gültiger Zusammenhang zwischen der Öl- oder Lösungsmittelabsorption und der Härte des Produktes besteht. Dieser Zusammenhang erstreckt sich auch auf die Wirkung des Beschleunigers.<sup>195</sup> Die Ultrabeschleuniger, die die härtesten Mischungen geben, verleihen auch den Proben ein Maximum der Ölfestigkeit.

<sup>190</sup> Vanderbilt News 1 (1931) Nr. 2



Daneben gibt es auch Mischungsstoffe, die eine spezifische Wirkung aufweisen. Ein zu dieser Gruppe gehörender Stoff, der Knochenleim, wurde schon erwähnt. Jedoch liefern nicht alle Leimsorten befriedigende Resultate.<sup>195</sup> Eine spezifische Erhöhung der Ölfestigkeit, ohne eine gleichzeitige Härtung bewirken Alkalisifen und Stärke<sup>195</sup>, wenn sie z. B. in einer Konzentration von 20 Volumprozent zugesetzt werden. Der Effekt solcher spezifischer Stoffe ist jedoch nicht sehr groß.

Wie bei vielen anderen Eigenschaften spielt auch bei der Ölfestigkeit der Aggregationsgrad der Kautschukmatrix eine wesentliche Rolle. Unmastizierte, aus Latex hergestellte Kautschukmischungen, sind ölfester als auf dem Walzwerk bereitete.<sup>197</sup>

*Einfluß der Vulkanisation.* Es wird häufig die Ansicht vertreten, daß es zur Erzielung eines befriedigenden Ölverstandes notwendig sei, »die Mischung so weit überzuvulkanisieren, wie es mit Rücksicht auf die Alterung noch zulässig erscheint.« Dem kann hier nicht beigeppflichtet werden. Zwar fällt die Ölabsorption zunächst rapide mit fortschreitender Vulkanisation, sie erreicht jedoch etwa gleichzeitig mit den mechanischen Eigenschaften ein Optimum, um dann — wenn auch sehr langsam — wieder anzusteigen. Die Vulkanisationstemperatur ist meist ohne Belang.

Der Widerstand gegen Öle und Lösungsmittel ist um so größer, je höher der Schwefelzusatz gewählt wird. Die praktische Auswertung dieser Erkenntnis ist jedoch nur in geringen Grenzen möglich, da mit steigendem Schwefelgehalt die Mischung härter und härter wird. Die Erhöhung der Schwefelmenge auf 4 oder 5% wird sich jedoch bei Anwesenheit eines Beschleunigers günstig auswirken. Es empfiehlt sich, Beschleuniger vom Thiuramtyp zu verwenden.

Gewisse Stoffe, wie Paraffinöl oder Faktis (und wohl allgemein die Erweichungsmittel), haben in Mischungen, die mit Lösungsmitteln oder Ölen in Berührung kommen, nachteilige Wirkung. Eine gewisse Verbesserung der Ölfestigkeit kann man dadurch erzielen, daß man einen Teil des Rohgummis durch Regenerat ersetzt; doch ist der erreichbare Effekt nicht groß. Er steht hinter dem durch Zusatz aktiver Füllstoffe erzielbaren zurück.

**2. Thiokol und Duprene.** In jüngster Zeit sind zwei synthetische Produkte entwickelt worden, die im »vulkanisierten« Zustande bemerkenswerte Ölfestigkeit und ausgezeichneten Alterungswiderstand haben. Es sind dies das *Thiokol* (ein Reaktionsprodukt von Äthylendichlorid mit Natriumtetrasulfid, der chemischen Formel  $[C_2H_4S_4]_x$ ) und das *Duprene* (ein  $\alpha$ -Polymer des Chloroprens).

Beide Stoffe stellen im rohen Zustande zähe plastische Massen dar, die durch Zusatz geeigneter Stoffe (auf dem Walzwerk) erweicht werden müssen, um in der üblichen Weise gespritzt oder kalandriert werden zu können. Ein der Mastikation entsprechender Effekt ist bei diesen Stoffen nicht zu beobachten.

Beim Thiokol rufen anorganische wie organische *basische* Stoffe eine ausgesprochene Erweichung hervor. Als brauchbarstes Erweichungs-

<sup>197</sup> W. J. S. Naunton, Maldwyn Jones u. W. F. Smith, Vortrag I.R.I. Trans. 9 (1933) S. 169

mittel erweist sich nach Smith<sup>198</sup> eine Kombination von 0,25 Gewichtsprozent Diphenylguanidin und 0,10% Tetramethyl-Thiuramdisulfid (auf Thiokol berechnet). Diese Stoffe werden dem Thiokol auf dem Walzwerk gleich zu Beginn als Gummi-Master-batch zugegeben.

Obwohl Duprene bereits aus dem Herstellungsprozeß Erweichungsmittel enthält, ist die Zugabe weiterer geeigneter Plastikatoren (wie Fichtenteer, Faktis usw.) erforderlich.

Duprene wie Thiokol erfahren eine vulkanisationsartige Veränderung, wenn sie in Anwesenheit geringer Mengen eines Metalloxydes eine gewisse Zeit auf Vulkanisationstemperatur erhitzt werden. Das geeignetste Metalloxyd ist in beiden Fällen Zinkweiß (in einer Konzentration von 10% [beim Thiokol] und 5% [beim Duprene]). Jedoch ist die Reaktion (Scorchingtendenz) des Duprene unter diesen Umständen so lebhaft, daß die Anwendung eines Scorchingverminderers unerlässlich ist, was dadurch geschieht, daß zu v o r 10 Gewichtsprozent leichtes Magnesiumoxyd zur Duprene zugesetzt werden.<sup>198a</sup>

Die mechanische Festigkeit des vulkanisierten Thiokols ist verhältnismäßig gering.<sup>198</sup> Sie wird verbessert durch Zusatz von Ruß, wie von anderen verstärkenden Füllstoffen. Die Reißfestigkeit einer Thiokolmischung mit 10% Gasruß liegt z. B. in der Größenordnung von 50 kg/cm<sup>2</sup>. Die Bruchdehnung beträgt etwa 440%.

Die Festigkeit von Duprene-»Vulkanisaten« ist wesentlich höher. Mit der geeigneten (siehe oben) Menge von Metalloxyden während 60 Minuten auf 142° C erhitzt, hat Duprene eine Reißfestigkeit von etwa 215 kg/cm<sup>2</sup> bei einer Bruchdehnung von 940%. Seine Widerstandsenergie ist also mit der hochwertiger Naturkautschukmischungen vergleichbar.<sup>198a</sup>

Den Einfluß einer Reihe von Kautschukfüllstoffen auf die mechanischen Eigenschaften von Duprenemischungen zeigt die Tabelle XXVI.<sup>198a</sup>

Tabelle XXVI

Füllstoff:	Vol.	Gew.	Modulus bei 400 % Dehnung	Reiß- festigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Bruch- dehnung %
	%	%			
Reine Duprene-Mischung	—	—	14	186	1010
Kanalprozeß-Gasruß	20	29	120	243	640
Kaolin	20	43	65	197	850
Zinkweiß (XX Red)	20	92	35	204	950 (!)
präz. Kreide	20	43	30	140	875
präz. Kreide	80	172	48	67	550
P-33-Ruß	20	29	70	232	830
P-33-Ruß	40	58	133	207	550
P-33-Ruß	60	87	186	186	400
P-33-Ruß	80	116	—	165	300

Wie ersichtlich, lassen sich beträchtliche Mengen der aufgeführten (aber auch anderer) Füllstoffe in das Duprene einmischen, wobei von

<sup>198</sup> A. H. Smith, Kautschuk 9 (1933) S. 186

<sup>198a</sup> Vgl. Duprene Pamphlet. (Imperial Chemical Industries Ltd. Manchester.) Febr. 1934.



ganz besonderem Interesse für die Entwicklung ölfester Mischungen das Verhalten des thermostatischen Rußes (P-33) ist.

Thiokol wie Duprene lassen sich in beliebigem Verhältnis mit Kautschuk mischen und — bei geeignetem Aufbau der Mischung 198, 198a — mit ihm zusammen vulkanisieren.

Es liegen zur Zeit nur wenige quantitative Vergleiche der Ölfestigkeit von Thiokol- und Duprenemischungen und zweckmäßig aufgebauter »ölfester« Naturkautschukmischungen vor. Wir müssen uns daher mit der qualitativen Feststellung begnügen, daß der Widerstand gegen Öle und Lösungsmittel bei den Mischungen mit den synthetischen Produkten wesentlich höher ist.<sup>189a</sup> Das Thiokol ist dabei das widerstandsfähigere. Zumal besitzt das Duprene nur geringe Widerstandsfähigkeit gegen zyklische Verbindung (Benzol, Toluol)\*, und ist in dieser Hinsicht zweckmäßig aufgebauten Naturkautschukmischungen sogar unterlegen.

Von der vorzüglichen Ölfestigkeit (bei Zimmertemperatur) von Thiokolmischungen zeugt die folgende von Smith (loc. cit) gegebene Tabelle XXVII.

Tabelle XXVII

Quellung von Thiokol-Mischungen in verschiedenen Lösungsmitteln während zwei Jahren bei Raumtemperatur (behandelt 50 Min. bei 142° C)

	5 % Gummizusatz			10 % Gummizusatz			20 % Gummizusatz		
	1 Monat	1 Jahr	2 Jahre	1 Monat	1 Jahr	2 Jahre	1 Monat	1 Jahr	2 Jahre
Schweres Motorenöl	0	0	0	0	0	0	1,0	2,0	3,0
Gewöhnliches Motoren-Gasolin . . .	0	0	0	0	0	0,8	14,0	15,5	17,5
High-Test-Gasolin . .	0	0	0	0	0	0	9,5	11,0	11,8
Leichtes Motorenöl . .	0	0	0	0	0	0	0,5	1,8	3,0
Heizöl . . . . .	0	0	0	0	0	0	8,0	11,5	14,0
Kerosin . . . . .	0	0	0	0	0	0	11,0	12,0	13,5
Benzol . . . . .	2,3	2,3	1,5	5,5	8,3	9,0	19,5	21,8	23,8
Tetrachlorkohlenstoff	0	0	0	4,0	9,0	10,5	23,8	27,3	30,0
Tropföl . . . . .	0	0	0	3,8	9,5	11,8	16,5	19,3	32,5
Terpentin . . . . .	0	0	0	0,5	1,8	1,8	23,0	30,3	30,8

Die Grundmischung bestand aus: 100 Thiokol, 0,25 DPG, 0,10 Thiuram, 10 Zinkweiß, 25 Gasruß, 0,50 Stearinsäure und enthielt (zur Erhöhung ihrer mechanischen Eigenschaften) einen Gummizusatz von 5,10 und 20 %. Die Zahlen geben die Längenzunahme von Kautschukstreifen von 10 cm ursprünglicher Länge an, die bei Zimmertemperatur während eines Monats, eines Jahres und zweier Jahre in dem Lösungsmittel aufbewahrt waren. Die maximale praktisch zulässige Verlängerung betrug für den betreffenden Fall auf Grund praktischer Versuche ungefähr 20 %. Der eingerahmte Teil der Tabelle umfaßt die Zahlenwerte, die dieser Forderung nicht genügten. Eine Schwierigkeit bei der Verarbeitung des Thiokols bildet der unangenehme Geruch, den es in der Wärme entwickelt und sein Poröswerden in der Freivulkanisation. — Der allgemeinen Anwendung des Duprene steht hingegen sein hoher Preis entgegen.

### c) Widerstand gegen Säuren und Laugen

Kautschukmischungen finden verbreitete Anwendung als Schutzkleidungen gegen korrosive Materialien im chemischen Apparatebau, und ihre technischen wie wirtschaftlichen Vorteile für diesen

\* Vgl. hierzu z. B. W. L. White I.R.J. 86 (1933) S. 477

Verwendungszweck werden kaum von irgendeinem anderen Werkstoff erreicht. Wegen der Leistungsfähigkeit von Kautschukauskleidungen in Verbindung mit den einzelnen chemischen Agenzien sei z. B. auf die Zusammenstellung von H. E. F r i t z und J. R. H o o v e r <sup>199</sup> verwiesen, ebenso wie auf das Kapitel »Hartgummi- auskleidungen« dieses Buches.

Ganz allgemein sind Hartgummimischungen widerstandsfähiger gegen Säuren und Basen als Weichgummimischungen. Die Zusammensetzung der letzteren spielt jedoch keine ausschlaggebende Rolle. Kautschuktechnologen neigen allgemein zu der Ansicht, daß säurelösliche Pigmente in derartigen Mischungen nicht geeignet sind. Wie jedoch H. A. D e p e w und A. R. L e w i s <sup>200</sup> zeigen konnten, ist diese Ansicht nicht stichhaltig. Nur gegenüber Alkalilaugen erwiesen sich mit Zinkweiß und mit Kreide hergestellte Mischungen den mit Gasruß oder Kaolin hergestellten unterlegen. Sofern man keine Stearinsäure in der Mischung hatte, waren die mit kolloidalem Zinkweiß (Kadox) hergestellten Säureauskleidungen im Gegenteil die besten. Da im übrigen es die Kautschuksubstanz selbst ist, die die korrosionsschützende Wirkung ausübt, ist eine hohe Beladung mit Füllstoffen in säurefesten Mischungen unerwünscht.

#### d) Hitzebeständigkeit

##### *Beispiel des Aufbaus einer Mischung*

Zahlreiche Gummiwaren unterliegen in der Praxis der dauernden Einwirkung verhältnismäßig hoher Temperaturen und müssen daher, wenn ihre vorzeitige Zerstörung vermieden werden soll, aus sogenannten »hitzebeständigen« Mischungen hergestellt sein. Aus der großen Zahl solcher Gummierzugnisse seien hier nur genannt: Reifen-Vulkanisierschläuche, Dampfschläuche, Wärmflaschen, chirurgische Handschuhe und nicht zuletzt Luftschläuche von Pneumatikreifen. Namentlich der Beanspruchungsfall bei dem Pneumatikschlauch eines Lastwagens oder Omnibusses ist vielseitig und interessant. Im speziellen Hinblick auf diesen Fall ist auch die vorliegende Darstellung abgefaßt.

Wie auf Seite 275 im einzelnen auseinandergesetzt, entsteht bei der Arbeit des Reifens Wärme, die teilweise nach dem Inneren abfließt und eine Temperaturerhöhung des Luftschlauches hervorbringt. Man kann annehmen, daß der Schlauch eines schwer beanspruchten Reifens hierbei zuweilen Temperaturen von 80 bis 85° C für kürzere Zeiten erreicht. Es kommt hinzu, daß der Schlauch mit Luft von einigen Atmosphären Druck gefüllt ist, und daß er während der Arbeit unter Dehnung steht.<sup>202</sup>

Die Hitzebeständigkeit ist jedoch nur ein Teilproblem. Luftschläuche müssen eine hohe K e r b z ä h i g k e i t besitzen, wenn nicht beim Durch-

<sup>199</sup> Symposium on Rubber by the American Society for Testing Materials, Cleveland, Ohio, 9. März 1932. Nachgedruckt: Rub. Chem. Technol. 6 (1933) S. 1

<sup>200</sup> I.R.W. 75 (1926) S. 129

<sup>202</sup> Die Beanspruchung z. B. eines Dampfschlauches ist freilich eine andere. Viele der hier geförderten Erkenntnisse lassen sich jedoch ohne weiteres auf alle Arten auf »Hitzebeständigkeit« beanspruchter Mischungen übertragen.



stechen ein viele Zentimeter langer Riß entstehen soll. Sie müssen ausreichende Reißfestigkeit aufweisen (nach Ansicht von E. W. Booth<sup>203</sup> mindestens 210 kg/cm<sup>2</sup> im ungealterten Zustande). Die bleibende Dehnung der Mischung darf nur gering sein, da sonst der durch den Gebrauch ausgeweitete Schlauch beim Montieren eingeklemmt und dann beim Fahren verletzt werden kann. Schließlich soll die Mischung schnell (etwa innerhalb 10 Minuten) in der Form ausvulkanisieren. Auf der anderen Seite soll ihre Scorchingtendenz nur gering sein, um ein einwandfreies Spritzen zu ermöglichen.

**Hitzebeständige Luftschlauchmischungen** wurden bis vor wenigen Jahren fast ausschließlich unter Verwendung größerer Mengen Zinkweiß, eines verhältnismäßig geringen Schwefelgehaltes (2,0 bis 2,25 %), größerer Mengen Goldschwefel und unter Vermeidung von Regenerat hergestellt. Der hohe Preis des Zink- und des Antimonpigments, ebenso wie die verschärften Forderungen der Fahrpraxis, veranlaßten jedoch die Kautschukchemiker, sich in den letzten Jahren mit diesem Problem eingehender zu befassen. Es sei hier namentlich die interessante Arbeit von E. W. Booth<sup>203</sup> hervorgehoben.

**Eine neue Prüfungsmethode.** Zum Studium der Hitzebeständigkeit wurde eine neue Prüfungsmethode geschaffen, die eine Abwandlung der bekannten Alterungsprobe in der Sauerstoffbombe (bei 70° C und 21,08 at Druck) nach Bierer und Davis darstellt. Das Muster wird in einen Vulkanisierkessel oder ein ähnliches druckfestes Gefäß gebracht und während 8 bis 18 Stunden einem Luftdruck von 5 bis 7 at bei einer Temperatur von 121 bis 127° C ausgesetzt.<sup>204</sup> Einige Experimentatoren halten hierbei die Probe in (um 50 %) gedehntem Zustande und suchen hierdurch die Arbeitsbedingungen des Luftschlauches in der Praxis noch weiter anzunähern. Die Alterungsprobe in der Luftbombe, wie das Verfahren genannt wird, ist eine außerordentlich schwere Beanspruchung. Obwohl direkte Vergleiche mit Ergebnissen der Praxis zur Zeit noch ausstehen, hat man allen Grund anzunehmen, daß diese Methode gerade für die Entwicklung hitzebeständiger Mischungen von hohem Wert ist.

**Auswahl und Dosierung der Füllstoffe.** In Tabelle VII auf Seite 236 wurden Reißfestigkeits- und Moduluswerte von Mischungen gegeben, die eine Reihe handelsüblicher Füllstoffe in einer Volumenkonzentration von 23% enthielten. In Tabelle XV auf Seite 263 wurden diese Angaben durch den Abnutzungswiderstand und durch die Kerbzähigkeit der gleichen Mischungen ergänzt. In den beiden letzten Spalten der Ta-

<sup>203</sup> Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 555

<sup>204</sup> Im einzelnen werden z. B. folgende Methoden verwandt:

- a) E. I. Du Pont Laboratorium: 16 Stunden bei 110° C, 5,27 at Luftdruck, Muster um 50% gedehnt (Bulletin Nr. 11).
- b) R. T. Vanderbilt Co. Laboratorium: 2 bis 10 Stunden bei 127° C, 5,625 at Luftdruck, keine Dehnung (Vanderbilt News 2 (1932 Mai/Juni)).
- c) Booth (loc. cit.): 8 bis 18 Stunden bei 121° C, 7,03 at Luftdruck, Muster wie bei a) um 50% gedehnt.

belle VII ist schließlich der Verlust an Festigkeit eingetragen, den die erwähnten Mischungen während 14 Tage in der Sauerstoffbombe (nach Bierer und Davis) und während 10 Stunden in der Luftbombe<sup>204(b)</sup> erleiden. Da die Wahl der Vulkanisationsmittel (0,5 Mercaptobenzothiazol + 0,5 Tetramethylthiuramdisulfid + 0,5 Selen + 0,5 Schwefel) für eine hitzebeständige Mischung außerordentlich günstig ist (siehe unten), gibt der Festigkeitsverlust in der Luftbombe interessanten Aufschluß über die Beeinflussung der Hitzebeständigkeit einer Mischung durch die einzelnen Füllstoffe (bei einer Konzentration von 23 Volumprozent).

Es erweist sich, daß alle Füllstoffe, mit Ausnahme des Kanalprozeß-Gasrußes, die Hitzebeständigkeit der Mischung bei der in Rede stehenden Konzentration erhöhen. Die Wirkung steigender Füllstoffzusätze auf die Hitzebeständigkeit ist nicht linear. Schon in geringer Konzentration (z. B. 3 Volumprozent) tritt die Anwesenheit eines Füllstoffs stark in Erscheinung.<sup>205</sup> Wie Booth (loc. cit.) zeigte, liegt für Luftschläuche die günstigste Konzentration bei 20 bis 25 Volumenteilen des Füllstoffs auf 100 Volumina Kautschuk.<sup>206</sup>

Unter den Füllstoffen beweist seine Überlegenheit in Mischungen, die bei hohen Temperaturen verwandt werden sollen, der Thermatomische Ruß (P-33). Mit einer verhältnismäßig hohen Festigkeit und guter Kerbzähigkeit vereinigen die mit P-33 hergestellten Mischungen den geringsten Verlust der wertvollen Eigenschaften in der Luftbombe. Wichtig ist auch, daß Ruß dieser Art (vgl. Charakteristik Seite 228) die Plastizität der rohen Mischung nicht (oder nur unwesentlich) vermindern (s. Seite 276). In einer Reihe von Fällen ist jedoch seine dunkle Farbe störend. Für helle und bunte Schläuche erweist sich — nach Ausscheidung der Stoffe mit schlechter Kerbzähigkeit oder mit hohem Volumenpreis — z. B. das Blanc fixe oder auch das feine, oberflächenbehandelte Kalziumkarbonat (Kalite) als günstig.

Mit einer aus 100 smoked Sheet, 5 ZnO, 1 Stearinsäure, 1,1 Ureca C, 0,4 D. P. G., 1 Antioxydans und 1 Schwefel bestehenden Grundmischung, fand Booth (loc. cit.) für P-33 und Blanc fixe die folgenden Zahlen:

Füllstoff	Gew.-Tle. Vol.-Tle. auf 100 Tle.		Vulkanisation bei 153° C							
	Kautschuk		6'		9'		12'		15'	
			Reißf.†	Verlust†	Reißf.†	Verlust†	Reißf.†	Verlust†	Reißf.†	Verlust†
Ruß P-33	40	22,2	4170	25%	4310	28 %	4305	29 %	4325	36 %
Blanc fixe	30	7,15	2850	28%	2985	29 %	2565	36 %	2570	42 %
Blanc fixe	40	9,5	3140	29%	3340	36,5%	3360	38 %	3320	40 %
Blanc fixe	88	20,9	3485	23%	3505	28,5%	3450	27,5%	3380	34,5%

<sup>205</sup> Zinkweiß verbessert z. B. die Hitzebeständigkeit bei 3 Vol. auf 100 Gummi etwa um den gleichen Betrag wie bei 23 Vol.%. Auch thermatomischer Ruß P-33 hat bei einem Zusatz von 3% einen großen Teil seines Effektes von 23% (loc. cit. Fußnote 204 [b]).

<sup>206</sup> Diese Konzentration ist hauptsächlich durch andere Kriterien gegeben. Zumal durch die Festigkeitseigenschaften.

\* Verlust an Reißfestigkeit nach 18 Stunden in Luftbombe (vgl. Fußnote 204 [c]).  
† Pfund/Quadratzoll (lbs/in<sup>2</sup>).



Die Schwefeldosierung. Von ganz ausschlaggebender Bedeutung ist die Menge des Schwefels in der Mischung. Abb. 198 gibt für eine Reihe von Beschleunigertypen, die sehr verschieden hohen Schwefelbedarf haben, die Abnahme der Reißfestigkeit beim Belassen in der Sauerstoff- und in der Luftbombe.<sup>204</sup> Die Grundmischung und die verwandten Vulkanisationsmittel sind unter der Abbildung verzeichnet. Die angegebene

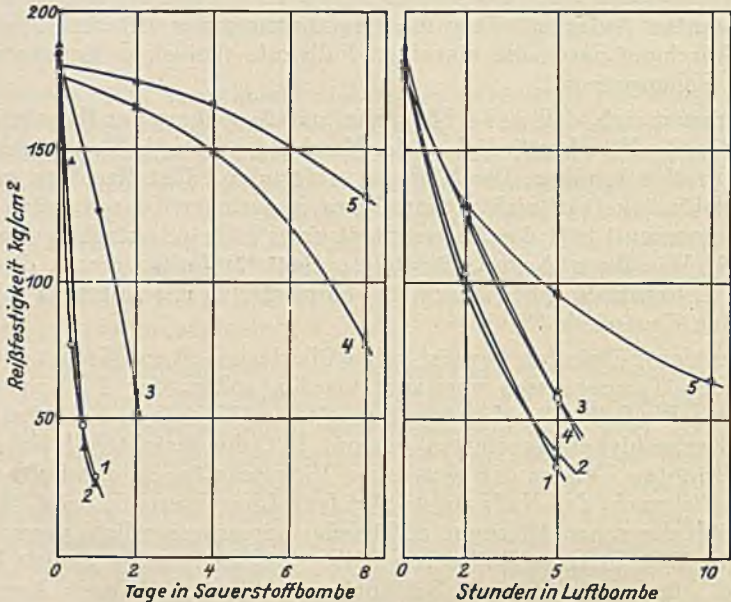


Abb. 198. Einfluß der Schwefeldosierung und des Beschleunigers auf den Alterungswiderstand und die Hitzebeständigkeit einer Kautschukmischung\* (jeweils bei optimaler Vulkanisation)

\* Grundmischung: 100 Kautschuk, 100 Zinkweiß, 50 Kreide, 1 Stearinsäure.

1. 35 Gew. % Bleiglätte + 10 % Schwefel
2. 1,5 % Hexamethylentetramin + 8 % Schwefel
3. 1,5 % Diphenylguanidin + 6 % Schwefel
4. 1,0 % Mercaptobenzothiazol + 3 % Schwefel
5. 1,0 % Mercaptobenzothiazol + 0,25 % Schwefel + 0,5 Selen (Vendex) + 0,25 Tetramethylthiuramdisulfid

Schwefeldosierung ist die (bei der verwandten Beschleunigerkonzentration) günstigste und wurde auf Grund der besten Alterung und der besten Festigkeitseigenschaften aus einer Reihe von Dosierungen ausgewählt.

Wie die Abb. 198 zeigt, sind die Mischungen mit dem geringeren Schwefelbedarf den mit höherem Schwefelgehalt überlegen. Das gilt auch bei Verwendung ein und desselben Beschleunigers, wie B o o t h (loc. cit.) am Beispiel der oben erwähnten Grundmischung mit Ureka C. und D. P. G., die 40 Gewichtsteile P-33-Ruß enthielt, nachwies, wenn er darin statt 1% Schwefel bis zu 2% Schwefel verwandte:

°/o Schwefel	Verlust an Reißfestigkeit nach 18 Std. in der Luftbombe (121° C, 7,03 at.) Vulkanisation, Min. b. 153° C			
	6'	9'	12'	15'
2,00	40%	50%	53%	60%
1,75	38%	45%	50%	55%
1,50	32%	40%	43%	50%
1,25	28%	35%	38%	43%
1,00	25%	30%	32%	40%

Die Festigkeit der ungealterten Mischung war in allen Fällen etwa gleich groß (4200 bis 4250 lbs./in<sup>2</sup>). Die Mischungen mit 1,00 und 1,25% Schwefel waren jedoch am hitzebeständigsten.<sup>207</sup> Geht man mit der Schwefelmenge unter 1%, so fallen, unter gewöhnlichen Bedingungen Zugfestigkeit und Modulus stark ab.

Das Super-Aging-Prinzip. Vor einigen Jahren ist die Tatsache bekanntgeworden, daß Tetramethylthiuramdisulfid, wenn es in Konzentrationen von 3 bis 4% auf den Kautschukgehalt der Mischung zugegeben wird, ohne Schwefel ein Vulkanisat hervorzubringen vermag.<sup>208</sup>

Die so hergestellten Mischungen zeichnen sich durch gute Alterung, durch Hitzebeständigkeit und durch fast vollständige Scorchingfreiheit aus. Die Vulkanisate sind jedoch weich und von niedrigem Modulus. Außerdem ist häufig die Verwendung so hoher Thiurammengen aus wirtschaftlichen Gründen unmöglich. Wohl zuerst von A. A. Sommerville und seinen Mitarbeitern sind Mischungen in Vorschlag gebracht worden, die neben 0,25 bis 0,75% Schwefel, 0,5 bis 1% Captax oder Altax 0,25 bis 0,5% Thiuramdisulfid und 0,5 bis 1,0% Selen oder Tellur enthalten. Solche Mischungen sind zwar weniger widerstandsfähig gegen Alterung oder Hitze als die schwefelfreien Thiuram- oder Thiuram-Selen-Mischungen. Sie sind jedoch nicht so kostspielig und für die meisten der praktischen Zwecke als »super-aging-compounds« ausreichend. In Abb. 198 stellt die Kurve 5 eine Mischung von solchem Typ dar.

**Beschleuniger und Alterungsschutzmittel.** Der verwandte Beschleuniger muß aktiv genug sein, um praktisch allen in der Mischung vorhandenen Schwefel zu binden. Dennoch soll seine Scorchingtendenz nicht zu hoch sein. Meist wird man daher eine Kombination von zwei Beschleunigern anwenden. Booth (loc. cit.) fand eine Kombination aus Ureka † und

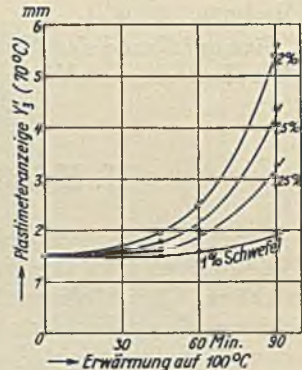


Abb. 199. „Scorching“-Tendenz als Funktion der Schwefeldosierung

<sup>207</sup> Ein weiterer Vorteil niedriger Schwefeldosierung besteht in der Verringerung der Scorchingtendenz. Für die in Rede stehende Luftschlauchmischung von Booth sind die Verhältnisse in Abb. 199 gezeigt. (Das Prinzip der plastimetrischen Scorchingmessung siehe S. 282.)

<sup>208</sup> Seither sind auch höhere Thiuramsulfide auf den Markt gebracht worden, so das Tetrasulfid (z. B. Tetrone A der Du Pont).

† Wahrscheinlich eine Kombination von D. P. G. und Dinitrophenyläther des Mercaptobenzothiazols.



D. P. G. oder Guantal (ein Phthalat des D. P. G.) als die günstigste von einer Reihe untersuchter. Die Vulkanisation muß bis zum Optimum geführt werden. Eine Übervulkanisation ist bei Verwendung so geringer Schwefelmengen schädlich.

Die Dosierung des Alterungsschutzmittels ist vorteilhafterweise hoch zu halten. Die Verwendung von etwa 2% ist zu empfehlen. Günstig sind Antioxydantien, die eine gewisse versteifende Wirkung ausüben, jedoch ist dies nicht Vorbedingung, da z. B. Butyraldehyd-p-aminophenol (Antox der E. I. Du Pont) von allen Produkten der genannten Herstellerin die Vulkanisate mit der größten Hitzebeständigkeit gibt, ohne daß es die rohe Mischung versteift.

*Eine auf Grund der Überlegungen dieses Abschnittes sich ergebende Omnibus-Luftschlauch-Mischung stellt das Beispiel 3 auf Seite 232 dar.*

## II. Herstellung der Mischungen

Der Herstellungsprozeß einer Mischung umfaßt zwei Phasen: die **Mastizierung** des Rohgummis und die **Einmischung** der Chemikalien. Obwohl diese Operationen häufig auf ein und derselben Maschine und von dem gleichen Arbeiter ausgeführt werden, handelt es sich um unterschiedliche und verschiedenen Zwecken dienende Vorgänge. Die Mastikation hat zur Aufgabe, den Kautschuk für die Aufnahme der Ingredienzien geeignet zu machen. Darüber hinaus soll sie der Masse eine hinreichende Verformbarkeit verleihen, so daß ein Spritzen oder ein Kalandrieren möglich wird. Der dann folgende Prozeß der Einmischung bezweckt die Einbettung und die möglichst homogene Verteilung der Füllstoffe in der Kautschukmasse.

Bei der Herstellung der Mischungen ist noch vielerorts die Tradition aus »guter alter Zeit« vorherrschend. Reiche Betriebserfahrung im Verein mit systematischer Forschung der letzten Jahre machen es jedoch möglich, die Methoden der Praxis kritisch zu sichten, und in gewisser Hinsicht eine Auswahl unter ihnen zu treffen. Im Vordergrund des Interesses stehen hierbei Fragen, wie z. B.: Wie soll man walzen, auf kaltem oder auf heißem Walzwerk? Soll man dem mastizierten Gummi Zeit geben, sich zu »erholen«? Was ist vorteilhafter, ein Walzwerk oder ein Innenmischer? Dazu kommen noch Fragen nach der Reihenfolge der Einmischung, der Arbeit mit Beschleunigern usw. und nicht zuletzt das Problem: wie soll man im Betriebe den Walzprozeß überwachen?

### 1. Die Mastizierung des Rohgummis

Die Aufmerksamkeit, die man der Mastikation zuwendet, ist erst jüngeren Datums. Erst die Verdrängung der weichen Wildkautschukarten durch die zähen Plantagensorten im Verein mit der Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit unserer Maschinen zwang die Praktiker, ihr besonderes Augenmerk auf den Vorgang der Mastizierung zu richten.

## a) Maschinen

Die Mastikation geschieht alternativ auf drei verschiedenen Maschinenarten. Am häufigsten werden dazu Walzwerke von 45", 60" oder auch 84" Ballenlänge verwandt oder geschlossene Innenmischer vom System »Banbury« oder »Werner & Pfeleiderer«. In neuester Zeit ist in den Vereinigten Staaten eine Maschine entwickelt worden, die — soweit man es schon jetzt beurteilen kann — einen interessanten Fortschritt auf dem Gebiete der Mastikation bedeutet: der zweistufige »Gordon«-Plastikator der Firma *F a r r e l - B i r m i n g h a m* (Abb. 200).

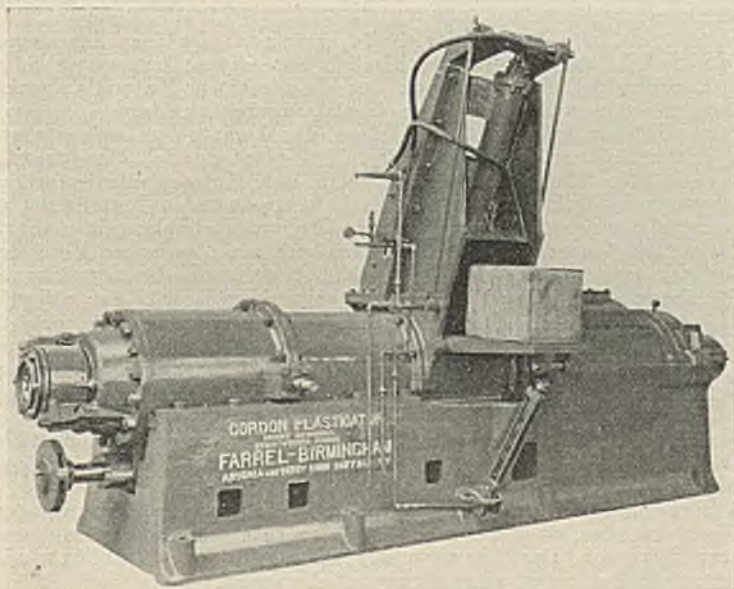


Abb. 200. Zweistufiger Gordon-Plastikator  
(*Farrel-Birmingham Inc., Ansonia, Conn., USA.*)

Der Vorgang, der sich in den drei verschiedengearteten Maschinen abspielt, ist der gleiche. Er läuft auf eine starke mechanische Bearbeitung (Durchknetung) des Rohgummis hinaus. Er wird wesentlich bedingt durch eine Reihe von Faktoren, wie Temperatur, Anwesenheit von Luftsauerstoff, Dauer usw., und ist trotz des großen Fortschrittes unserer Erkenntnis auf diesem Gebiete noch nicht bis ins einzelne geklärt.

## b) Der Begriff der Plastizität

Sucht man nach einer charakteristischen Eigenschaft, an Hand derer man die mit dem Kautschuk beim Walzen vor sich gehende Änderung verfolgen könnte, so findet man sie in der »Plastizität«. Bevor jedoch die Änderung dieser Größe beim Mastizieren diskutiert wird, ist es notwendig, sich über den Begriff der Plastizität klar zu werden. Dies um so



mehr, als die quantitative Festlegung der plastischen Eigenschaften eines Stoffes recht schwierig ist.

a) Der Begriff der »Formbarkeit«. In Übereinstimmung mit dem Sprachgebrauch soll auch in der Technik unter »Plastizität« die Leichtigkeit verstanden werden, mit der ein Material geformt werden kann. In der Literatur finden sich zahlreiche Versuche, diesen Begriff näher zu definieren.<sup>200</sup> In ihrer Mehrzahl sind aber die Definitionen insofern unvollständig, als sie nicht die beiden Komponenten der »Formbarkeit« erfassen, nämlich:

- a) Die Leichtigkeit, mit der ein Material durch äußere Kräfte deformiert werden kann (spezifische Weichheit = softness), und
- b) Die Bereitwilligkeit des deformierten Materials, seine neue Form nach Aufhören des äußeren Zwanges zu behalten (Zurückhaltungsfähigkeit = retentivity).

Statt der »Zurückhaltungsfähigkeit« kann auch die dazu komplementäre Eigenschaft betrachtet werden, nämlich der »Nerv« (recovery), d. h. mit anderen Worten: das Bestreben des deformierten Materials, nach Entlastung zu seiner ursprünglichen Gestalt zurückzukehren.

Keht ein Körper sofort nach Aufhören des Zwanges zu seiner ursprünglichen Form zurück, so nennt man ihn ideal-elastisch; ist die gesamte Deformation dagegen bleibend, so nennt man das Material ideal-plastisch. — Die überwiegende Mehrzahl der praktisch vorkommenden Materialien gehört weder zu der einen noch zu der anderen Gruppe. Vielmehr zeigen die Stoffe beim Verformen gleichzeitig ein elastisches und ein plastisches Verhalten. Es ist daher notwendig, sowohl die »Weichheit« als auch die »Zurückhaltungsfähigkeit« (bzw. den »Nerv«) in den allgemeineren Begriff der »Plastizität« implizite zu übernehmen. Berücksichtigt man ferner, daß die wichtigsten Arbeitsmethoden der Gummi-Industrie, wie das Kalandrieren, das Spritzen usw., plastische Verformungen voraussetzen, so wird man das Interesse verstehen, das gerade diese Industrie an der Klärung des Plastizitätsbegriffes hat.<sup>210</sup>

β) Die Parallelplatten-Methode. Die obige Diskussion des Begriffs der Plastizität leitet bereits zu einer Methode über, das plastische Verhalten eines Materials zu messen.

Wird eine unvulkanisierte Kautschukprobe bestimmter Abmessungen mit einem Gewicht oder einer Feder belastet, so setzt eine langsame Verminderung ihrer Höhe ein. Das Absinken der Höhe geht, wie Williams<sup>211</sup> zuerst festgestellt hat, nach einer Exponentialfunktion:

$$K = Y \cdot X^n, \text{ wo}$$

Y... die jeweilige Höhe des Musters in mm,

X... die Zeit der Einwirkung der Last in Min.,

n... eine Konstante <sup>211a</sup> (z. B. n = 0,196)

und K... eine konstante Zahl, die sich um so höher ergibt, je steifer das Material ist.

<sup>200</sup> Vgl. die Zusammenstellung bei Karrer, Z. f. techn. Physik 11 (1930) S. 326, wo auch der Begriff der Plastizität exakt diskutiert wird.

<sup>210</sup> Die Rolle der »Weichheit« und des »Nervs« bei der Verarbeitung des Kautschuks wird z. B. durch folgendes illustriert. Soll ein Schlauch von 13 mm lichter Weite und 3 mm Wandstärke aus einer etwa 50% Kautschuk enthaltenden Mischung gespritzt werden, so schraubt der Arbeiter in den Kopf seiner Maschine einen Dorn von nur 10,5 mm äußerem Durchmesser und ein Mundstück von 16 mm Bohrung ein. Beim Passieren des Mundstückes wird die mastizierte Gummimasse auf die Dimension 10,5 × 2,75 mm zusammengedrückt und »quillt« nach Verlassen der Maschine — dank dem »Nerv« — auf die geforderte Dimension (13 × 3 mm)

<sup>211</sup> Ind. Engng. Chem. 16 (1924) S. 362

<sup>211a</sup> n ist charakteristisch für das Gerät, jedoch auch von der Art der Mischung und der Meßtemperatur abhängig.

Hört der Zwang auf, so setzt eine Höhenzunahme des Musters wieder ein, die gleichfalls exponentiell verläuft und asymptotisch einem Grenzwert zustrebt.

Das Experiment kann mit Hilfe des in Abb. 201 gezeigten Apparates, des Williams- oder Parallelplatten-Plastimeters, ausgeführt werden. Das Gerät besteht im wesentlichen aus zwei parallelen Stahlplatten, deren obere zusammen mit einem aufgesetzten Gewicht 5 kg wiegt. Ein Mikrometer erlaubt die Ablesung des Plattenabstandes.

Um eine möglichst vollständige Charakteristik des Materials zu erhalten, muß die Höhenabnahme ebenso wie die Höhenzunahme des Kautschukmusters über einen längeren Zeitraum verfolgt und die Messung bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt werden. Für die Praxis — namentlich für die Betriebskontrolle — ist dies Verfahren zu langwierig.<sup>212</sup> Zur technischen Kontrolle der Plastizität ist daher eine vereinfachte Meßmethodik angenommen worden. Diese Methodik geht davon aus, daß bei der gleichen oder bei ähnlichen Mischungen bereits zwei Ablesungen bei einer Temperatur genügen, um den plastischen Zustand der Kautschukmischung zu kennzeichnen. Und zwar wird die Materialhöhe  $Y_1'$  nach Ablauf einer bestimmten Belastungsdauer  $t'$  im Plastimeter und die Materialhöhe  $Y_1''$  eine gewisse Zeit  $t''$  nach Entlastung in Betracht gezogen.

Im einzelnen wird in der Technik die Bestimmung folgendermaßen ausgeführt: Aus dem Versuchsmaterial von 12 bis 15 mm Stärke wird auf der Bohrbank oder einfach von Hand mit einem Korkbohrer ein zylindrisches Kautschukstück von etwa 2 ccm Inhalt ausgestochen. Kennt man das spezifische Gewicht der Mischung oder des Kautschuks, so kann man jetzt durch sukzessives Abschneiden von kleinen Stückchen und Abwiegen auf einer Laboratoriumswage den Probekörper dahin bringen, daß er (auf 0,02 g genau) ein Volumen von 2 ccm hat. Es ist darauf zu achten, daß die Form des Probekörpers bei allen Vergleichsversuchen die gleiche sei. Die Probe, die auch die Form einer Kugel haben darf, wird zwischen zwei Blatt Ölpausleinen gelegt, deren Stärke später von der Mikrometeranzeige abgezogen werden muß. Dies geschieht, um das Ankleben des Kautschuks an den Plastimeterplatten zu verhindern.

Der Plastimeter selbst befindet sich in einem Thermostaten, in dem gewöhnlich eine Temperatur von 70° C herrscht. Für steife Mischungen, wie Sohlen- oder Laufflächenmischungen, ist es oft zweckmäßig, die Temperatur auf 85° C zu steigern, für Rohgummi sogar auf 100° C. Bevor man die Last auf die Kautschukprobe einwirken läßt, wird die Probe 15 Minuten im Thermostaten belassen. Dann wird sie auf die untere Plastimeterplatte aufgesetzt. Die obere 5 kg wiegende Platte wird gesenkt und nach z. B. drei Minuten auf der Mikrometerskala die Stärke abgelesen ( $Y_3$ ). Gleichzeitig wird das Muster entlastet. Nach z. B. einer weiteren Minute im Thermostaten wird erneut die Höhe der Probe im Mikrometer bestimmt ( $Y_1$ ). Während die zuerst ge-

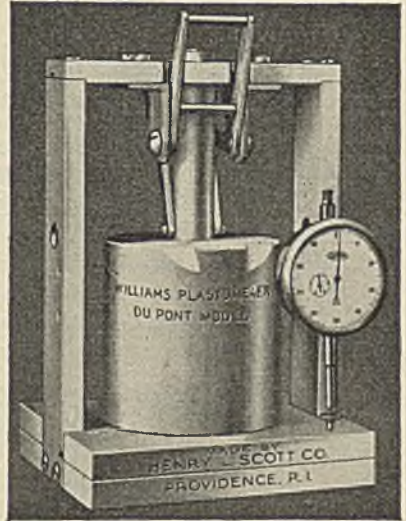


Abb. 201. Williams-(Parallelplatten-)Plastimeter  
(H. L. Scott Co., Providence R. I., USA.)

<sup>212</sup> Vom praktischen Standpunkt ist auch nur der Anfang der Deformationskurve unter Belastung von Interesse, da bei den Arbeitsmethoden, wie Spritzen oder Kalandrieren, nur kurz währende Belastungen vorkommen.



messene Ziffer ( $Y'$ ) die »Weichheit« charakterisiert, kennzeichnet die zweite Messung ( $Y''$ ) den »Nerv« bzw. die »Zurückhaltungsfähigkeit« des Kautschuks oder der Mischung. Die ursprüngliche Höhe der Probe wird mit  $Y_0$  bezeichnet. Zu beachten ist, daß der Wert  $Y'$  um so kleiner wird, je »weicher« das Material ist.

Die Parallelplatten-Methode von Williams ist wiederholt eingehend diskutiert worden.<sup>214</sup> Ihr Prinzip liegt auch einer Reihe anderer Plastimeterkonstruktionen zugrunde, wie z. B. den Apparaten von de Vries und van Rossem<sup>213</sup>, Karrer<sup>215</sup>, Davies und Dieterich<sup>216</sup>, Usherwood<sup>217</sup> und anderen.

Die gemessenen Werte  $Y_0$ ,  $Y'$  und  $Y''$  können in verschiedener Weise in den numerischen Wert der »Plastizität« eingehen — und hier liegt die eigentliche Schwierigkeit des komplexen Plastizitätsbegriffs. Wenn nämlich zwei Materialien die gleiche »Weichheit« haben, jedoch verschiedenen »Nerv«; um wieviel plastischer ist die eine Substanz zu bezeichnen als die andere?

Karrer<sup>215</sup> schlägt vor, die Plastizität dem Produkt aus »Weichheit« und »Zurückhaltungsfähigkeit« proportional zu setzen. Definiert man die erste als das Verhältnis der Höhenabnahme bei Belastung zur mittleren Höhe, also

$$\text{Weichheit: } s = \text{konst.} \frac{Y_0 - Y'}{Y_0 + Y'}$$

die zweite als das Verhältnis der bleibenden Verformung zur Höhenabnahme unter Belastung, also

$$\text{Zurückhaltungsfähigkeit: } r = \text{konst.} \frac{Y_0 - Y''}{Y_0 - Y'}$$

so wird das Plastizitätsprodukt

$$P = s \cdot r = \text{konst.} \frac{Y_0 - Y''}{Y_0 + Y'}$$

Grenquist<sup>220</sup> nimmt in dem gleichen Bestreben, »Weichheit« und »Nerv« in einem Zahlwort zu vereinigen, als Maß der Formbarkeit den Plastizitätsquotienten:

$$Q = \frac{Y'' - Y'}{Y_0 - Y'}$$

der sich um so kleiner ergibt, je »plastischer« der Stoff ist.

γ) Die **Marzetti-Methode**. Auf einem anderen Prinzip als die Verformungsmethoden zur Messung der Plastizität beruht die zuerst von Marzetti<sup>221</sup> vorgeschlagene Ausströmungsmethode. Bei dieser wird die Auspreßgeschwindigkeit der Kautschukmasse durch eine Düse unter der Wirkung eines bestimmten Überdruckes (5 bis 50 atü) gemessen. Wegen der Einzelheiten dieser Methode sei auf die Originalveröffentlichung oder auf die Arbeit von Behre<sup>222</sup> verwiesen, wo sich auch eine Diskussion der darauf angewandten Formeln findet. Diese Methode ist mit dem Spritzen einer Kautschukmischung verwandt. Nach Carson<sup>237</sup> sowie nach de France u. Krantz (vgl. Abbildung 192, erweist sie sich auch für die Beurteilung der Spritzenarbeit einer Kautschukmasse den Parallelplatten-Methoden überlegen.

<sup>213</sup> Arch. v. d. Rubbercultuur 9 (1925) S. 223

<sup>214</sup> Vgl. die Zusammenstellung bei Behre, Kautschuk 8 (1932) S. 167 sowie I. R. Scott, Trans. I.R.I. 7 (1931) S. 169

<sup>215</sup> Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 770; Z. f. techn. Phys. 11 (1930) S. 326

<sup>216</sup> Ind. Engng. Chem., Anal. Ed. 2 (1930) S. 96

<sup>217</sup> Trans. I.R.I. 8 (1932) S. 227

<sup>218</sup> loc. cit. unter <sup>215</sup>

<sup>220</sup> Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 759

<sup>221</sup> Giorn. Chim. Ind. Appl. 5 (1923) S. 342 und I.R.I. 66 (1923) S. 417

<sup>222</sup> Kautschuk 8 (1932) S. 2167

Das Versuchsmaterial, dessen wir uns in der nachfolgenden Darstellung bedienen werden, ist zu einem großen Teil mit dem Williams-Plastimeter gewonnen worden. Häufig begnügten sich die Experimentatoren damit, die »Weichheit« ihrer Materialien zu messen und schenkten der anderen wichtigen Komponente der Plastizität, dem »Nerv«, keine Beachtung. Immer in dem Bewußtsein, daß diese Meßwerte keine vollständige Charakteristik von dem geben, was wir mit dem Begriff der Plastizität (= Formbarkeit) verbinden, benutzen wir diese Ergebnisse, da sie unter gleichen Bedingungen und an demselben Material ein ausreichendes Bild von den Veränderungen geben, die mit dem Kautschuk vorgehen.

### c) Die plastische Veränderung beim Walzen

Bereits Thomas Hancock<sup>223</sup> fand, daß Stücke rohen Gummis zu-  
zusammengeknetet und erweicht werden können, wenn man sie einer  
starken mechanischen Bearbeitung unterwirft. Von ihm stammt auch die  
Entdeckung, daß man in den so »mastizierten« Kautschuk Ingredienzien  
einverleiben kann, und daß der geknetete Rohgummi sich leichter in  
organischen Lösungsmitteln auflöst als der unbearbeitete. Was geht nun  
eigentlich mit dem Kautschuk beim Walzen vor?

Wird Rohgummi mastiziert, so verändert sich seine »Weichheit« und  
sein »Nerv«. Dies sei an einem Versuch von Grenquist<sup>219</sup> gezeigt:

4000 g gewaschenen smoked Sheet wurden auf einem konstant intensiv ge-  
kühlten 20"-Walzwerk mastiziert. Die mittlere Oberflächentemperatur der  
Walzen betrug hierbei 56° C. In Abständen von je 5 Minuten wurden Proben  
von 200 g entnommen. Nach 24stündiger Lagerung bei Zimmertemperatur  
wurden daraus 12,7 mm hohe Zylinder von 2 ccm Inhalt hergestellt, deren  
Plastizität in einem Williams-Plastimeter bei 100° C gemessen wurde. Und  
zwar maß Grenquist einmal die Höhe der Probe nach 3 Minuten Belastung  
im Plastimeter (Y<sub>3</sub>) und sodann die Höhe (Y''<sub>1</sub>) eine Minute nach Ent-  
lastung.

In Abb. 202 sind die gemessenen Höhen Y''<sub>3</sub> und Y''<sub>1</sub> der Probe als  
Funktion der Walzdauer aufgetragen. Man ersieht daraus, daß *mit fort-  
schreitender Mastizierung die »Weichheit« (Y<sub>0</sub>—Y') wächst und gleich-  
zeitig die Fähigkeit des Kautschuks, sich zu »erholen«, d. h. der »Nerv«  
(recovery) stark abnimmt. Dies hat beides zur Folge, daß die Plastizität  
des Kautschuks, im Sinne seiner Formbarkeit verstanden, nicht un-  
beträchtlich zunimmt.* In der untersten Kurve der Abb. 203 ist der nach

Grenquist berechnete Plastizitätsquotient  $Q = \frac{Y'' - Y'}{Y_0 - Y'}$  als Funktion  
der Walzdauer aufgetragen. *Es fällt ins Auge, daß die Plastizität beson-  
ders stark in den ersten 10 Minuten des Walzens steigt, um sich dann  
sehr bald asymptotisch einem Grenzwert zu nähern.*

Einen ganz analogen Verlauf wie der Plastizitätsquotient nimmt mit  
fortschreitender Mastizierung die Viskosität des Kautschuks in  
einer verdünnten (etwa einer 1proz.) Lösung. In Abb. 204 ist eine  
typische Mastikation-Viskositätskurve, wie sie z. B. von Garner<sup>224</sup>  
u. a. gemessen wurde, gezeigt. Auch die Viskosität nimmt besonders stark  
während der Anfangsperiode des Walzvorganges ab.

<sup>223</sup> Origin and Progress of India Rubber Manufacture (1857).

<sup>224</sup> Trans. I.R.I. 4 (1929) S. 413



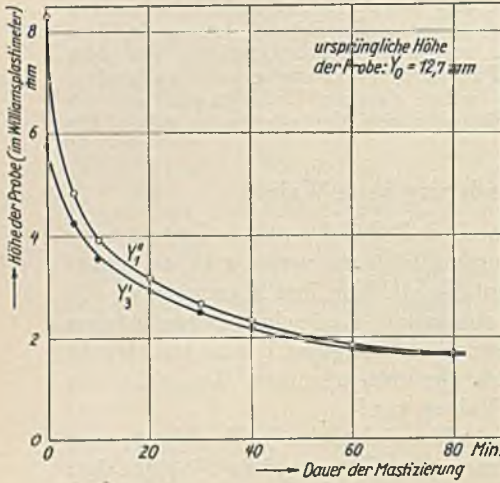


Abb. 202. „Weichheit“ und „Nerv“ des Kautschuks als Funktion der Walzdauer

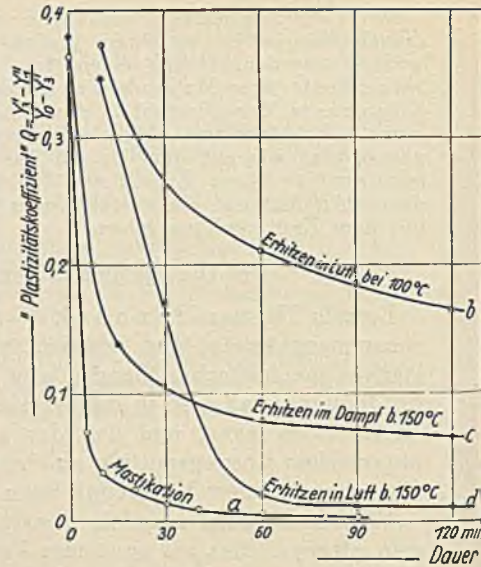


Abb. 203. Einfluß der Mastikation (a) sowie der Erhitzung in Luft (b, d) und im Dampf (c) auf die Plastizität des Rohgummis

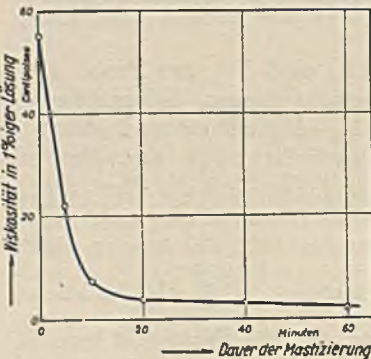


Abb. 204. Viskosität des Kautschuks in 1prozentiger Lösung als Funktion der Walzdauer

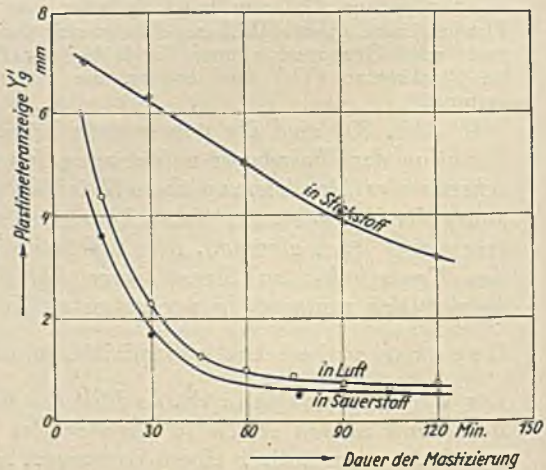


Abb. 205. Mastikation in verschiedenen Gasen

Es sind zur Erklärung des Mastikationseffektes eine Reihe von Vorstellungen herangezogen oder entwickelt worden (wie die Zerstörung der Zweiphasenstruktur des Kautschuks, Desaggregations- und Depolymerisationsprozesse usw.), auf die einzugehen hier nicht der Ort ist.<sup>225</sup>

<sup>225</sup> Es sei auf die zusammenfassende Darstellung von H. F. Cotton (loc. cit. unter <sup>227</sup>) verwiesen.

Es soll lediglich festgestellt werden, daß *zwei Faktoren für die Erzielung einer bleibenden Plastizitätsänderung in gleichem Maße notwendig sind:*

1. *die mechanische Bearbeitung, und*
2. *die Einwirkung des Luftsauerstoffs,*

und daß jedenfalls die Mastikation eine Verkleinerung der physikalischen Bauelemente des elastischen Gels und die Erhöhung ihrer Beweglichkeit bewirkt. *Weder die Erhitzung des Kautschuks in Luft bei 100° C (Kurve b der Abb. 203) oder in Wasserdampf von noch höherer Temperatur (Kurve c <sup>226</sup>), noch das Kneten des Rohgummis in der Atmosphäre eines inerten Gases (Abb. 205) <sup>227</sup> können auch nur annähernd die Wirkung der Mastikation in Luft oder Sauerstoff ersetzen.*<sup>228</sup>

#### d) Faktoren, die den Mastikationseffekt beeinflussen

Sind mechanische Bearbeitung und Anwesenheit des Sauerstoffs Vorbedingungen für die Erzielung einer bleibenden Plastizitätsänderung, so gibt es eine Reihe weiterer Faktoren, die den Verlauf des Mastikationsvorganges wesentlich beeinflussen. Von diesen seien genannt:

1. Die Temperatur des Kautschuks beim Walzen.
2. Die Kühlungsverhältnisse.
3. Die Walzdauer.
4. Der Energieverbrauch.
5. Die Größe des Batches.
6. Die Breite des Walzspaltes.
7. Die Fellstärke um die Walzen.
8. Die Geschwindigkeit.
9. Das Geschwindigkeitsverhältnis (die Friktion) der Walzen.
10. Die Temperatur und die Dauer der Erholung des Gummis, und nicht zuletzt:
11. Das persönliche Element des Arbeiters.

<sup>220</sup> Beim Erhitzen des Kautschuks in Luft von 150° C (Kurve d der Abb. 203) tritt schon deutlich Zersetzung ein. — Die Erhitzung des Kautschuks hat auch nur eine temporäre erweichende Wirkung. Thermisch erweichter Kautschuk verliert beim Lagern weitgehend seine Plastizität; es sei denn, daß man z. B. die Erhitzung im Dampf über sehr lange Zeiträume ausdehnt (24 Stunden bei 160° C) (vgl. Park, Carson u. Sebrell, Ind. Engng. Chem. 20 [1928] S. 478).

<sup>227</sup> F. H. Cotton, Trans. I.R.I. 6 (1930/31) S. 487

<sup>228</sup> In neuester Zeit ist es Busse (Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 140) gelungen, die Bildung von Wasserstoffsperoxyd als Zwischenprodukt der Oxydation bei der Mastizierung des Rohgummis nachzuweisen, was stets ein Kennzeichen autoxydativer Vorgänge ist. — Busse führt auch die Tatsache, daß beim Kneten in inerten Gasen der Kautschuk überhaupt plastischer wird, auf die Anwesenheit von Sauerstoffresten in diesen Gasen zurück. — Durch partielle Oxydation von Plantagenkautschuk (in dünnen Schichten) wird nach einem Verfahren von Ungar und Schidrowitz (E. P. 368 902) ein plastischer Kautschuk hergestellt und unter dem Namen »Softened Rubber« auf den Markt gebracht. Dieser Gummi hat für eine Reihe von Verwendungszwecken bemerkenswerte fabrikatorische Vorteile.



Wie man sieht, sind die Einflüsse sehr mannigfach, und es wäre außerordentlich schwierig, den Prozeß vom technologischen Standpunkt zu übersehen. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß nicht alle diese Faktoren voneinander unabhängig sind, und daß e i n e m von ihnen, nämlich der T e m p e r a t u r, im Rahmen des Genannten die weitaus größte Bedeutung zukommt. Eine Reihe der anderen Faktoren sind nur insofern von technologischem Interesse, als sie einen Einfluß auf die Temperatur der Kautschukmasse während des Walzens haben.

Dem Studium des Zusammenhanges zwischen der Temperatur des Kautschuks beim Walzen und dem Mastikationseffekt einerseits, der Beeinflussung der Kautschuktemperatur durch die restlichen Faktoren andererseits, seien die folgenden Seiten gewidmet. Nachdem dann die für die Wirtschaftlichkeit der Mastikation wichtige Frage des Kraftverbrauches und seiner Beeinflussung diskutiert worden ist, soll im nächsten Abschnitt der Versuch gemacht werden, die Nutzenwendungen des Beobachtungsmaterials darzustellen.

\*                    \*                    \*

Es ist eine den Praktikern schon seit langem bekannte Tatsache, daß der Gummi um so i n t e n s i v e r »niedergebrochen« wird, je k ä l t e r er während des Walzens ist. Um diesen Zusammenhang quantitativ zu zeigen, sei zunächst ein Versuch aus dem Forschungslaboratorium der »Goodyearwerke« angeführt.<sup>229</sup> Vorgewalzter smoked Sheet wurde auf einem 8" × 16"-Walzwerk mastiziert. Hierbei wurden alle oben aufgeführten Bedingungen mit Ausnahme der Temperatur der Walzenoberflächen und der Mastikationsdauer konstant gehalten. Die »Weichheit« des erhaltenen Plastikats (als  $Y_3$  bei 70° C im Williams-Plastimeter bestimmt) ist in Abb. 206 für vier verschiedene Oberflächentemperaturen als Funktion der Walzdauer aufgetragen.<sup>230</sup> In Abbildung 207 ist sodann die Abhängigkeit der erzielten Plastizität von der Temperatur der Walzen für eine k o n s t a n t e Mastikationszeit von 25 Minuten gezeigt. Der Abfall der erzielten Plastizität mit steigender Temperatur der Walzen ist bemerkenswert. Zu diesem Befund steht keineswegs im Widerspruch, daß der Gummi w ä h r e n d d e s W a l z e n s sich auf dem heißen Walzwerk w e i c h e r anfühlt als auf dem kalten — und es auch tatsächlich ist. Die »Weichheit« eines Materials ist stark von der Temperatur abhängig.<sup>230a</sup> Sie wächst beträchtlich mit steigender Temperatur. Um Materialien in bezug auf ihre »Weichheit« vergleichen zu können, muß man sie daher auf g l e i c h e Temperatur bringen (was auch in dem Thermostaten des Plastimeters geschieht). In diesem Falle erweist sich dann, wie die Abb. 206 und 207 aussagen, der kalt mastizierte Kautschuk p l a s t i s c h e r als der gleich lange heiß mastizierte. Er läßt sich daher leichter spritzen und kalandrieren.

<sup>229</sup> Vanderbilt Notebook (1929) S. 59

<sup>230</sup> Man muß sich stets vergegenwärtigen, daß eine höhere Plastizität einem kleineren  $Y'$  entspricht.

<sup>230a</sup> Vgl. z. B. R. D. Prestwich (Trans. I.R.I. 9 [1933] S. 196)

Noch deutlicher führen den *eminenten Einfluß der Temperatur auf den Mastikationseffekt* die Versuche von Griffiths<sup>231</sup> vor Augen. *Griffiths fand*, daß die Leistung eines Walzwerks (d. h. die Menge in

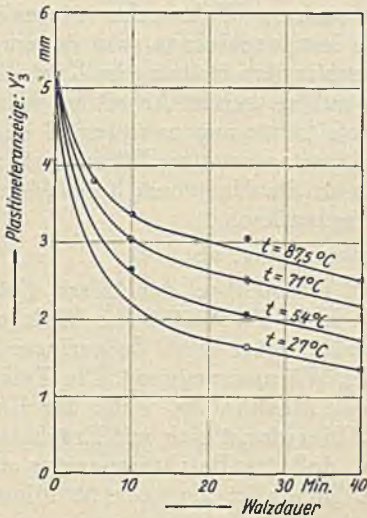


Abb. 206. Verlauf der Mastikation bei verschiedenen Temperaturen

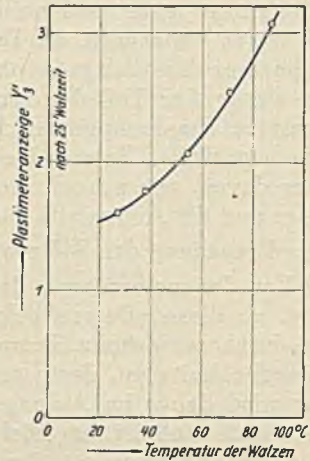


Abb. 207. Einfluß der Temperatur der Walzenoberfläche auf die (nach 25 Minuten Walzeit) erreichte Plastizität

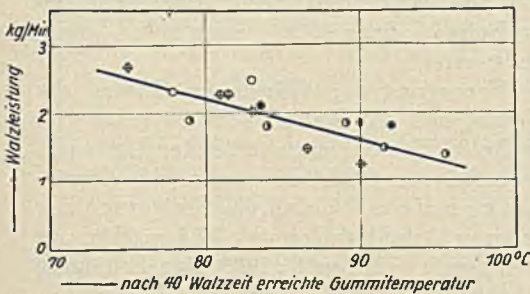


Abb. 208. Zusammenhang zwischen der Temperatur des Kautschuks beim Mastizieren und der Leistung eines Walzwerks (n. Griffiths)

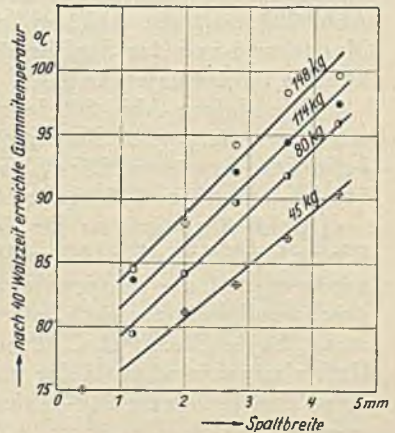


Abb. 209. Temperatur des Mastikats als Funktion der Spaltbreite und der Batchgröße

kg/Minute eines Produktes bestimmter Plastizität, die das Walzwerk zu liefern imstande ist) *der Temperatur des Gummis während des Walzens umgekehrt proportional ist. Und zwar unabhängig von der Wahl der anderen Faktoren, wie Batchgröße, Spaltöffnung usw.* Dieses interessante

<sup>231</sup> Trans. I.R.I. 1 (1926) S. 308



Ergebnis ist in Abb. 208 graphisch veranschaulicht.<sup>232</sup> Es lehrt, daß ein Walzwerk bei einer mittleren Temperatur des Kautschuks von 75° C etwa doppelt soviel leisten kann, wie bei einer mittleren Gummitemperatur von 95° C.

Da wir an einer rationellen Arbeit unserer Walzwerke interessiert sind, ist es notwendig, die Bedingungen kennenzulernen, von denen die Temperatur des Walzgutes abhängt. Durch innere Reibung im Kautschuk wird ein großer Teil der zum Walzen aufgewandten Arbeit in Wärme umgesetzt. Die Temperatur des Plastikats hängt nun naturgemäß davon ab, wie groß der Betrag der pro Zeiteinheit erzeugten Wärme ist und ferner davon, wie schnell diese Wärme an die Umgebung (die Walzenkörper und die Außenluft) abgegeben werden kann.

Die Erzeugung der Wärme im Kautschuk hängt ab:

a) Von der momentanen Beweglichkeit (»mobility«) der Masse, gleichgültig, ob diese »Beweglichkeit« durch hohe Plastizität des Walzgutes oder durch seine hohe Temperatur gewährleistet wird. Je geringer die »Beweglichkeit« ist, desto größer ist die Wärmeezeugung. Die Temperatur wird daher im Anfangsstadium der Mastikation, wenn der Kautschuk noch steif ist, am höchsten sein. Dies deckt sich mit Ergebnissen von Griffiths (l. c.), der feststellte, daß die Batchtemperatur nach 15 Minuten Walzzeit oft bis um 12° C höher ist als nach 60 Minuten Mastikation<sup>233</sup> (bei konstanter Kühlung).

b) Der Hauptanteil der Wärme wird im Spalt erzeugt. *Die Erwärmung der Masse ist daher um so geringer, je enger der Spalt eingestellt wird.* Abb. 209 zeigt die Abhängigkeit der mittleren Gummitemperatur beim Mastizieren von der Spaltdbreite für den Fall eines konstant intensiv gekühlten Großwalzwerks (84").

c) Die gleiche Abb. 209 lehrt auch, daß bei ein und demselben Walzwerk mit steigender Batchgröße die Temperatur der Masse nicht unbeträchtlich zunimmt. Dies ist am Beispiel eines 45-kg-, eines 80-kg-, eines 114-kg- und eines 148-kg-Batches gezeigt.

d) Schließlich spielen für die Erzeugung der Wärme im Gummi die Geschwindigkeit der Walzen und die Friktion zwischen der vorderen und der hinteren eine Rolle. Sowohl mit steigender Umfangsgeschwindigkeit als auch mit vergrößerter Friktion wächst die Erwärmung. So fand z. B. E. C. Zimmerman<sup>234</sup>, daß die Steigerung der Umlaufgeschwindigkeit der vorderen Arbeitswalze von 27,4 m/Min. auf 40 m/Min. bei einem 84"-Walzwerk (mit Friktion 1 : 1,07) eine Erhöhung

<sup>232</sup> Obwohl zur Erzielung der gewünschten Plastizität je nach Wahl der Batchgröße und Spaltöffnung eine andere Zeit gebraucht wurde (17 bis 63 Min.), sind die Walzleistungen als Funktion derjenigen Temperatur aufgetragen worden, die von dem Kautschuk nach 40 Minuten Walzdauer erreicht wird.

<sup>233</sup> Die Temperatur der Kautschukmasse wird meist mit Hilfe von Einsteckpyrometern gemessen. Die kontinuierliche Messung der Batchtemperatur stößt dagegen auf Schwierigkeiten. Da die heißeste Stelle des Kautschukfels dem Walzenkörper aufliegt, ist ein Gerät vorgeschlagen worden, das pfugähnlich gebaut ist und das Fell am Rande umschlägt. Auf der umgeschlagenen Seite mißt es dann die Temperatur.

<sup>234</sup> Rubber Age, N. Y., 23 (10. Mai 1928) S. 144

der mittleren Temperatur der Masse von  $93,5^{\circ}\text{C}$  auf rund  $112^{\circ}\text{C}$  bewirkte. Analog wirkte sich bereits bei einer mäßigen Arbeitsgeschwindigkeit der vorderen Walze von  $23,2\text{ m/Min.}$  die Erhöhung der Friktion von  $1 : 1,07$  auf  $1 : 1,64$  in einem Anstieg der mittleren Massentemperatur von  $80^{\circ}\text{C}$  auf  $93^{\circ}\text{C}$  aus. Merkwürdigerweise blieb die nach einer bestimmten Walzzeit erreichte Plastizität in allen Fällen die gleiche. Offenbar wird die erhöhte mechanische Durchknetung bei den schneller laufenden oder bei den mit größerer Friktion arbeitenden Walzwerken durch die für die Plastizierung ungünstigere höhere Arbeitstemperatur ausgeglichen. Allerdings wurden diese Ergebnisse nicht mit Rohgummi, sondern mit einer Laufflächenmischung erhalten.

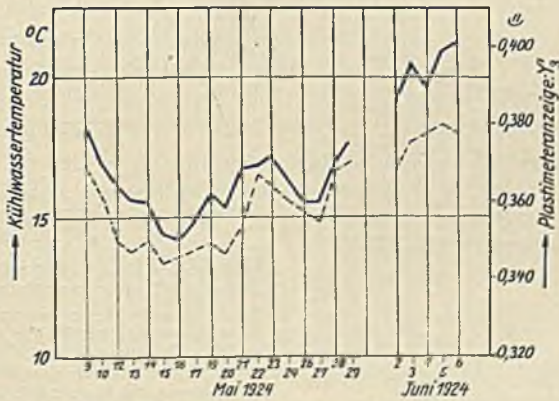


Abb. 210. Kühlwassertemperatur und Plastizität

Beeinflußen die bisher diskutierten Faktoren im wesentlichen die Erzeugung von Wärme bei der mechanischen Bearbeitung des Kautschuks, so gibt es wieder andere Einflüsse, die den Übergang der Wärme vom Walzgut auf die Umgebung regulieren.

a) Zu diesen gehört zunächst die Stärke der Kautschukschicht um die Arbeitswalze, die durch die Spaltbreite bestimmt wird. Je dicker diese Schicht ist, desto schwieriger gestaltet sich die Ableitung der Wärme.

b) Die größte Bedeutung kommt aber in diesem Zusammenhange den Kühlungsverhältnissen zu (d. h. der Konstruktion der Walzenkühlung, der Freihaltung des Walzeninneren von Verunreinigungen, sowie der Temperatur und der Menge des Kühlwassers). In einer großzügig angelegten Versuchsreihe ist z. B. von *Bebe* und *Springsfield*<sup>235</sup> gezeigt worden, daß bei Konstanthaltung aller anderen Walzbedingungen ein weitgehender Parallelismus zwischen der Plastizität des erzielten Produktes und der Temperatur des Kühlwassers herrscht. Dies zeigt in anschaulicher Weise die Abb. 210.

Die Lagerung des Plastikats. Während das persönliche Element des Arbeiters wegen seiner technischen Unerfaßbarkeit in diesem Zusammen-

<sup>235</sup> Ind. Engng. Chem. 17 (1925) S. 295



hänge nicht behandelt werden kann, sei zum Schluß auf einen wichtigen und meist unberücksichtigten Faktor hingewiesen, dessen richtige Erkenntnis vielleicht geeignet ist, die Wirtschaftlichkeit unserer Walzwerke zu erhöhen, auf die sogenannte »Erholung« des Gummis beim Lagern.

Wird gewalzter Gummi sich selbst überlassen, so verliert er einen Teil seiner erworbenen Plastizität. Diese Erscheinung ist den Gummifach-

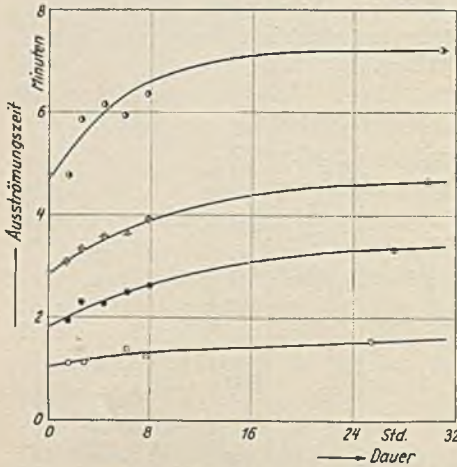


Abb. 211. Die „Erholung“ verschieden weit mastizierten Kautschuks

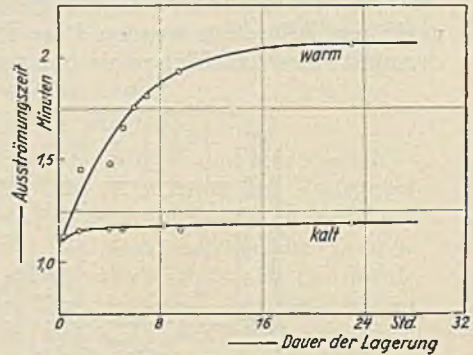


Abb. 212. Einfluß der Temperatur auf die „Erholung“ des mastizierten Kautschuks

Das „warme“ Muster wurde sofort nach dem Mastizieren zu einer Puppe von 50 Pfund Gewicht zusammengerollt und bei 42° C gelagert. Das „kalte“ Muster wurde sofort nach dem Mastizieren mit Wasser (15° C) abgekühlt und in Rollen von 2,5" Durchmesser bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

leuten seit langem bekannt. Abb. 211 veranschaulicht die beim Lagern vor sich gehende Plastizitätsänderung verschieden weit mastizierten Kautschuks (nach Griffiths, loc. cit.). Die Abbildung zeigt, daß diese »Erholung« im wesentlichen in den ersten 8 bis 10 Stunden stattfindet, wobei sich die Plastizität langsam einem asymptotischen Werte nähert.<sup>236</sup>

Über längere Zeiträume hat diese Erscheinung Carson<sup>237</sup> sorgfältig verfolgt.

Es gebührt Griffiths (loc. cit.) das Verdienst, wohl als erster darauf hingewiesen zu haben, daß diese »Erholung« des mastizierten Kautschuks sehr stark temperaturabhängig ist. Im heißen Zustand zusammengerollte Puppen bleiben z. B. an den Rändern, wo sie schneller Zimmertemperatur erreichen, plastischer als im Inneren, wo die Wärme sich lange hält. Die Abhängigkeit des Plastizitätsverlustes von der Temperatur der Lagerung wird eindrucksvoll in Abb. 212 gezeigt. Die mit kaltem Wasser ab-

<sup>236</sup> Griffiths bestimmte die Plastizität nach der Ausströmungsmethode (siehe S. 206). Die Plastizitätszahl gibt bei ihm die Zeit an, die zum Auspressen einer bestimmten Kautschukmenge durch die Düse gebraucht wurde. Hohe Werte entsprechen auch hier einer kleinen Plastizität.

<sup>237</sup> Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 691

gespritzten und kalt gelagerten Felle erreichen praktisch sofort ihre Grenzplastizität, so daß eine längere Lagerung nur geringe Veränderungen bringt. Ihr Plastizitätsverlust ist auch weit geringer als der Verlust bei den warm gelagerten.

### e) Die Kraftverhältnisse beim Walzen und der Energieverbrauch

Der Kraftverbrauch beim Walzen des Gummis ist sehr erheblich. Die Kosten der elektrischen Energie machen oft mehr aus als der Arbeitslohn. Dennoch wird in den meisten Betrieben dieser Frage nicht die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt.

Die Faktoren, die den Kraftbedarf beim Walzen bestimmen, sind im wesentlichen:

- a) Die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen.
- b) Das Geschwindigkeitsverhältnis (die Friktion).
- c) Die Dicke der Gummischicht (die Spaltbreite) und
- d) Die Temperatur der Walzen und der Gummimasse.

Die unter a) und b) genannten Einflüsse werden wiederholt im Verlauf der vorliegenden Darstellung diskutiert. Für ihre Festlegung sind meist andere Überlegungen als der Energieverbrauch maßgebend. So ist die Arbeitsgeschwindigkeit nach oben hin durch die Sicherheit beim Arbeiten begrenzt, nach unten hin durch die Leistung. Die Umfangsgeschwindigkeit der (vorderen) Arbeitswalze beträgt z. B. bei einem 84"×26"-Walzwerk am günstigsten rund 28 m/Min. *Sowohl mit steigender Geschwindigkeit als auch mit größer werdender Friktion wächst naturgemäß der Leistungsverbrauch beim Walzen.* Die Forderungen bezüglich der Friktion sind verschieden, je nach dem man die Mastikation oder die Einmischung der Chemikalien ins Auge faßt. Meist stattet man die 84"-Walzwerke mit einer Friktion 1 : 1,23 aus. Bei der Besprechung des Einmischungsprozesses wird auf diese Frage näher eingegangen.

Besondere Beachtung verdient die Frage der Spaltbreite. Es wirkt zunächst sehr überraschend, daß mit wachsender Öffnung zwischen den Ballen und somit mit wachsender Stärke der Gummischicht der Leistungsverbrauch größer wird. Bis zu einer Öffnung von 1 Zoll aufwärts, beträgt der Energiezuwachs, wie Sh o a f f<sup>238</sup> angibt, fast 20% pro Viertelzoll.

Diese Erscheinung findet ihre Erklärung, wenn man den Gummi im Spalt als einen Keil betrachtet und sich vergegenwärtigt, daß sich dieser Keil um so spitzer ergibt, je enger das Walzwerk gespannt ist.

Mit kleiner werdendem Spalt verringert sich somit die Druckkraft auf die Lager des Walzwerks und der Leistungsverbrauch fällt.

**Einfluß der Temperatur.** Mastiziert man auf einem heißen Walzwerk oder in einem warmen Innenmischer, so kann man stets beobachten, daß der Leistungsverbrauch geringer ist als wenn die Maschine kalt ist. Da man aber bei heißer Maschine eine längere Zeit benötigt, um ein Produkt bestimmter Plastizität zu erhalten, bedeutet die heiße Mastikation keineswegs eine Energieersparnis. Im Gegenteil ist bei sonst gleichen Be-

<sup>238</sup> Rubber Age, N. Y., 23 (1928) S. 142



dingungen, wie z. B. V o g t <sup>240</sup> formuliert, der *Energieverbrauch zur Erzielung eines Produktes bestimmter Plastizität geringer, wenn der Kautschuk beim Walzen kalt ist. Die erreichte Plastizität ist also keine Funktion der aufgewandten Energie, es sei denn, daß man bei einer k o n s t a n t e n Temperatur mastiziert.*

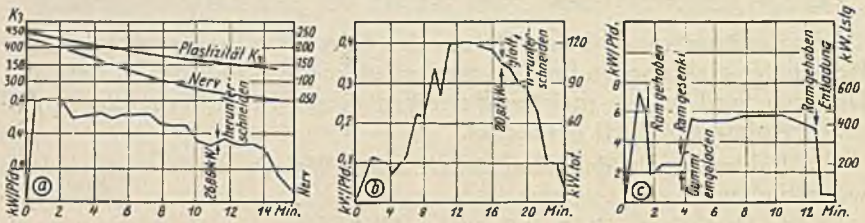
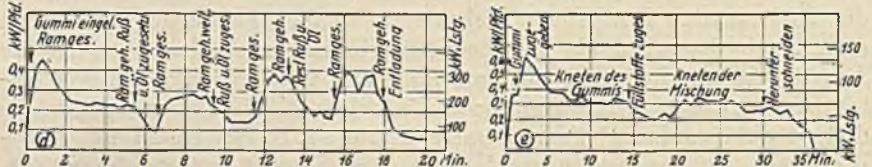
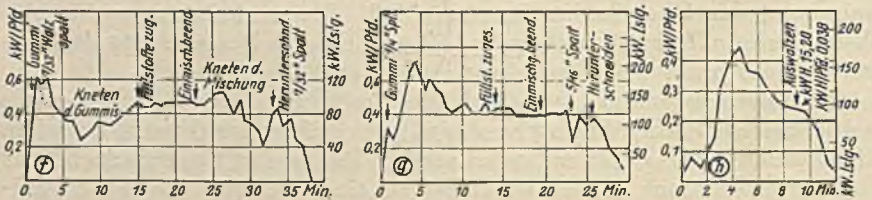


Abb. 213. Energieverbrauch beim Mastizieren und beim Mischen (n. Shoaff)

- a) 84"-Walzwerk: Mastizieren von 300 Pfund smoked Sheet. Gesamtverbrauch = 32,94 kWh, entsprechend: 0,1098 kWh/Pfund
- b) 84"-Walzwerk: Vorwärmen von mastiziertem smoked Sheet
- c) Banbury-Mischer Nr. 27: Mastizieren von 800 Pfund skmoked Sheet. Erreichte Plastizität  $K_2 = 0,380$ , Nerv = 0,085



- d) Banbury-Mischer Nr. 27: Master Batch aus 55% Gummi, 40% Gasruß und 5% Oel. Gesamtverbrauch 58,03 kWh, entsprechend: 0,0704 kWh/Pfund
- e) 84"-Walzwerk: 225 Pfund Karkasse-Mischung: Gesamtverbrauch = 40,80 kWh, entsprechend: 0,18 kWh/Pfund



- f) 84"-Walzwerk: 202 Pfund-Mischung mit hohem Zinkweißgehalt, Gesamtverbrauch: 55,22 kWh, entsprechend 0,245 kWh/Pfund
- g) 84"-Walzwerk: 300 Pfund Laufflächen-Ruß-Mischung. Gesamtverbrauch = 71,4 kWh, entsprechend: 0,238 kWh/Pfund
- h) 84"-Walzwerk: Vorwärmen von 400Pfund Laufflächenmischung. Gesamtverbrauch = 18,08 kWh, entsprechend: 0,045 kWh/Pfund. Ursprüngliche Plastizität  $K_2 = 0,510$  (Nerv = 0,126), endgültige Plastizität  $K_2 = 0,465$  (Nerv = 0,061)

Einige typische Kurven des Energieverbrauches beim Mastizieren und Mischen auf offenen Walzwerken von 84" Ballenlänge und in einem »Banbury«-Innenmischer Nr. 27 sind in Abb. 213 gezeigt. Aus diesen Diagrammen sind auch eine Reihe von Einzelheiten ersichtlich, die mit dem bereits ausgeführten im Einklang stehen.

<sup>240</sup> W. W. Vogt, Rept. of Phys. Test. Comitee, Rubber Div., Americ. Chem. Soc. (April 1924).

## f) Die Veränderung der Festigkeitseigenschaften durch die Mastikation

Bevor wir zu dem praktischen Teil übergehen, soll auf den Einfluß fortschreitender Mastikation auf die technologisch wichtigen Eigenschaften des Kautschuks und seiner Mischung hingewiesen werden. *Ganz allgemein sei festgestellt, daß mit fortschreitender Plastizierung der Mischung die Festigkeitseigenschaften des Vulkanisats sich verschlechtern.*

Diesen Effekt zeigt quantitativ Abb. 183. Er ist besonders ausgeprägt, wenn man den Gummi stark übermastiziert, ein Vorgang, den man in der Technik mit »totwalzen« bezeichnet. Die folgenden Versuche von *Wiegand*<sup>241</sup> sollen dies veranschaulichen:

Eine Mischung, bestehend aus 93 Teilen Kautschuk, 35 Teilen Ruß (Micronex), 3 Teilen Zinkweiß, 5 Teilen Schwefel und 0,75 Teilen Diphenylguanidin, wurde verschieden lange auf einem Laboratoriumswalzenwerk gemischt. Die näheren Umstände des Versuchs und die in bezug auf die Festigkeitseigenschaften der frischen und der gealterten Mischung erzielten Ergebnisse sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

Die Wirkung des Übermastizierens (nach Wiegand)

Vorgang	Nähere Bedingungen			Zustand der rohen Mischung	vor dem Altern				nach 4jähriger natürl. Alterung			optimale Vulkanisationszeit in Min. bei 2,8 atü	Anmerkungen
	Walzzeit Min.	Temp. d. Walzen °C	Spalt		Modulus bei 400%	Zugfestig. lbs/sq. inch	Bruchdehng. %	Festigkeitsprodukt	Zugfestig. lbs/sq. inch	Bruchdehng. %	Acetonextrakt %		
normales Walzen (zur Kontrolle)	14	51,6	3/16"	normal	1680	4200	690	290	950	320	7	30	gealterte Proben haben ganz gute Zugeigenschaft. Acetonextrakt normalriechend Hart, weitgehend zerstört. schlechter Geruch, überreichender Acetonextrakt
heißes Überwalzen	60	149	3/16"	sehr weich und klebrig	1900	3000	510	153	725	50	25	80	
kaltes Überwalzen	60	10	3/16"		1950	2300	450	104	625	50	22	80	

Abgesehen von der starken Verzögerung der Vulkanisation, die das Übermastizieren mit sich bringt, ist die Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften im frischen wie im gealterten Zustande beträchtlich.

Wie *Wiegand* weiter feststellte, hat langes Walzen in Gegenwart des organischen Beschleunigers eine ernstere Beeinträchtigung der Eigenschaften zur Folge als in Abwesenheit des Beschleunigers, auch steigt in diesem Falle die Zerstörung mit der Erhöhung der Walztemperatur.

Besonders leidet beim Übermastizieren die Kerbzähigkeit (s. Abb. 183).

## g) Die Praxis der Mastikation

Der Versuch einer praktischen Nutzenanwendung der in den vorigen Abschnitten dargestellten Ergebnisse hat im wesentlichen drei Fragen zu klären.

<sup>241</sup> Trans. I.R.I. 7 (1932) S. 422



1. Welche Maschine ist für die Mastikation zu wählen?
2. Bis zu welchem Plastizitätsgrad ist der Rohgummi bzw. die Mischung zu walzen?
3. Wie sind die Bedingungen des Walzprozesses zu gestalten, damit ein rationelles Arbeiten gewährleistet ist?

Obwohl wir auf Grund des heutigen Wissens noch nicht in der Lage sind, alle diese Fragen eindeutig zu beantworten, sei der Versuch unternommen.

1. Die Auswahl der Maschine. Die Mastikation kann, wie bereits im vorigen Abschnitt ausgeführt, auf verschiedenen Maschinentypen vorgenommen werden; auf Walzwerken, in Innenmischern oder in einem Plastikator. Die Auswahl unter diesen drei kann in jedem Falle nur auf Grund wirtschaftlicher Überlegungen getroffen werden. Also auf Grund des Arbeitslohnes, des Preises für elektrische Energie und unter Berücksichtigung des Umfangs der Produktion.

Tabelle I

Technologische und wirtschaftliche Daten für die wichtigsten Plastikationsmaschinen (nach Farberow)<sup>242</sup>

Maschine	Batch-Gewicht kg	Arbeitszyklus Minuten	Mittlere stündliche Leistung kg	Anzahl der Arbeiter pro Maschine	Installierte Motorleistung PS
105 Walzwerk 42"	25—30	20—25	75	1	40
150 Walzwerk 60"; Umfangsgeschwindigkeit d. Arbeitswalze 27 m/Min.	45—55	18—25	155	1	65
140 Walzwerk 84"; Umfangsgeschwindigkeit d. Arbeitswalze 29 m/Min.	90—125	17—25	380	1	125
Banbury-Mixer Nr. 9 + + 1 84"-Plattenwalzwerk	90—110	12—15	450	2	150+100
Banbury-Mixer Nr. 11 + + 1 84"-Plattenwalzwerk	120—160	12—15	625	2	250
Banbury-Mixer Nr. 27 + + 3 84"-Plattenwalzwerke	275—160	12—15	1350	4	+ 100 500
Zweistufiger — »Gordon« — Plastikator, 20" <sup>243</sup>	einmal. Durchgang zweimal. Durchgang	*)	2950 1600	2300 2	+ 300 500

Angaben über die Leistung und den Verbrauch verschiedener Plastikationsmaschinen sind in der Tabelle I zusammengestellt.<sup>244</sup> Setzt man

<sup>242</sup> Journ. Ind. Rubber Ind. 5 (Moskau 1931) Nr. 2/3 und Nr. 4/5

<sup>243</sup> Siehe hierzu: Nielsen Survey; I.R.W. 83 (1930) Nr. 2 S. 59

\* Bei einmaligem Durchgang durch den Plastikator (17 Min.) erreicht der Kautschuk eine etwas geringere Plastizität als auf dem Walzwerk ( $K=5,5$ ), beim zweimaligen Durchgang eine etwas höhere ( $K=4,9$ ). Aus diesem Grunde ist die Leistung aus einmaligem und aus zweimaligem gemittelt.

<sup>244</sup> Sie gehen von der Annahme aus, daß der Rohgummi eine Plastizitätszahl  $K=7,1$  (nach der Williamsformel S. 304) besitzt und das Plastikat im Mittel ein  $K=5,2$  bis  $5,3$  haben soll.

die Kosten für elektrische Energie und Arbeitslohn auf Grund örtlicher Bedingungen ein, so erweist sich, daß die rentabelste Maschine zur Zeit ein Gordon-Plastikator ist. In den meisten Fällen wird sich ferner zeigen, daß die Großwalzwerke von 84" Ballenlänge erfolgreich selbst mit den größten Innenmischern konkurrieren können. In vielen Fällen erweisen sie sich den letzteren sogar wirtschaftlich überlegen. Diese in bezug auf die Innenmischer überraschende Tatsache hat ihren Grund in den Kühlungsverhältnissen, und in einem weiteren Sinne in dem eminenten Einfluß der Temperatur auf den Mastikationseffekt. Die Bearbeitung der Masse geschieht auf dem Walzwerke fast ausschließlich im Spalt, in einem Innenmischer dagegen an mehreren Stellen gleichzeitig. Auch sind Arbeitsgeschwindigkeit und Friktion in einem geschlossenen Mischer höher als bei dem Walzwerk. Demgegenüber kommt, pro Kilogramm Beschickung gerechnet, in einem »Banbury« oder in einem Mischwerk von »Werner & Pfleiderer« eine weit kleinere Kühlfläche als auf einem Walzwerk, und die Temperatur des Batches steigt in ihnen in der Regel höher. Durch die steigende Einführung der »Spritzkühlung« bei den Innenmischern (siehe Seite 336) wird dieser Nachteil erfolgreich bekämpft, so daß die aufgezeichneten Verhältnisse sich wohl zugunsten der Innenmischer in Zukunft verschieben dürften.

2. **Wie weit soll man den Rohgummi mastizieren?** Die Forderungen der Praxis in bezug auf die Intensität des Mastikationsvorganges sind einander widersprechend. Einmal erscheint es zur Entfaltung der vollen verstärkenden Wirkung der eingemischten Füllstoffe, zur leichteren Weiterverarbeitung der Masse und zur Beseitigung der Scorching-Gefahr erwünscht, dem Rohkautschuk und den Mischungen einen möglichst hohen Plastizitätsgrad zu geben. Andererseits wissen wir, daß die fortschreitende Plastikation neben der Verzögerung der Vulkanisation auch eine Verschlechterung der Festigkeitseigenschaften des Kautschuks zur Folge hat und die Alterung ungünstig beeinflusst. Starke Übermastizierung kann sogar, wie an früherer Stelle (siehe Seite 317) gezeigt, katastrophale Folgen für das Erzeugnis haben.

In der Praxis gilt es also stets ein Optimum zu finden. *Während es in jedem Falle notwendig ist, bis zur »kleinstmöglichen« Plastizität zu walzen, wird diese »kleinstmögliche« Plastizität selbst durch die Art der Weiterverarbeitung der Mischung diktiert.* So wird es z. B. möglich sein, die Masse für Formartikel, die aus roh gezogenen, starken Platten aufgebaut werden, bis zu einer geringeren Plastizität zu walzen als z. B. die Masse für das feine Oberblatt eines Schuhes, und diese wieder nicht so stark wie eine Streich- oder Auflagemischung.

Genauere Plastizitätszahlen können nur in jedem einzelnen Betriebe auf Grund der örtlichen Bedingungen festgelegt werden. Als Beispiel seien von *Farberow*<sup>245</sup> in amerikanischen Fabriken vorgefundene Limitzahlen aufgeführt:

<sup>245</sup> loc. cit. unter 242.



Mischung:	„Weichheit“ $Y_3$ der fertigen Mischung Williams-Plastimeter; $t=85^\circ \text{C}^{246}$	„Nerv“ $Y''_1 - Y'_3$
Laufflächenmischung (1. Sorte)	3,45—3,65	0,20 und höher
Rote Formschlauchmischung	2,50—2,85	0,20 und mehr
Auflagemischung für Cord	1,70—2,00	0,15 und mehr
Mischung für Lösung	1,45—1,75	0,10 und mehr

Zur Herstellung dieser verschiedenen plastischen Mischungen wird auch verschieden weit mastizierter Rohgummi genommen. In den Vereinigten Staaten bedient man sich häufig dreier Rohgummi-Standardplastikate:

Smoked Sheet Plastizitätsgrad A mit einem $Y_3$ von rund 4,00 und einem $(Y''_1 - Y'_3)$ von 1,00 und mehr
Smoked Sheet Plastizitätsgrad B mit einem $Y_3$ von rund 3,65 und einem $(Y''_1 - Y'_3)$ von 0,50 und mehr
Smoked Sheet Plastizitätsgrad C mit einem $Y_3$ von rund 3,45 und einem $(Y''_1 - Y'_3)$ von 0,20 und mehr

### 3. Die Handhabung des Walzprozesses.

a) Wie früher (siehe Seite 311) gezeigt, steigt die Produktivität eines Walzwerks linear mit der Erniedrigung der Temperatur der Masse beim Mastizieren. Vom ökonomischen Standpunkt ist also der Mastikation bei niedriger Temperatur (Walzenoberflächentemperatur 40 bis  $50^\circ \text{C}$ ) der Vorzug zu geben. Dies um so mehr, als man weniger Energie aufwenden muß, um ein Produkt bestimmter Plastizität zu erhalten, wenn man bei niedriger Temperatur mastiziert.

Häufig begegnet man bei Praktikern der Ansicht, daß heißes Mastizieren (Oberflächentemperatur 70 bis  $80^\circ \text{C}$ ) den Gummi mehr »schont« und Produkte mit besseren Eigenschaften liefert. Dies ist aber nur dann richtig, wenn man eine kalte und eine heiße Mastikation von gleicher Dauer gegenüberstellt.<sup>247</sup> In diesem Falle ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Plastizität der beiden Mischungen verschieden ist. Die kalt hergestellte besitzt eine höhere Plastizität als die bei hoher Temperatur gemischte.<sup>247a</sup>

Freilich hat die Mastikation bei niedriger Temperatur auch Nachteile. Sie ist z. B. empfindlicher gegen zu kurzes oder zu langes Walzen, und es ist erhöhte Sorgfalt bei der Arbeit notwendig.<sup>248</sup> Zuweilen gestatten es

<sup>246</sup> Siehe die Beschreibung der Methode Seite 305 dieses Buches.

<sup>247</sup> Vgl. Spear und Moor, I.R.W. (September 1925)

<sup>247a</sup> Dem Verfasser ist leider keine Arbeit bekannt, die eine langandauernde Plastikation bei hoher Temperatur mit einer kurzen Plastikation bei niedriger Temperatur vergleicht, unter der Bedingung, daß in beiden Fällen die gleiche Plastizität erreicht wurde. Nach dem Stande unserer Erfahrung dürfte jedoch in diesem Falle kein Unterschied in bezug auf Elastizität und Festigkeit zwischen den beiden Produkten zu erwarten sein. Eine ausgedehnte Erfahrung mit hochwertigen Flaschenscheibenmischungen, die bei sehr niedriger Temperatur hergestellt wurden, hat ihm jedoch bewiesen, daß die kalte Mastikation weder einen nachteiligen Effekt auf die Festigkeitseigenschaften der Erzeugnisse im frischen Zustande, noch auf deren Alterungseigenschaften hat, sofern man mit der Mastikation im Bereich des »Kleinstmöglichen« bleibt.

<sup>248</sup> Die höhere Temperaturempfindlichkeit erklärt sich daraus, daß die Mastikation in einem steileren Teil der Plastizitäts-Walzzeit-Kurve abgebrochen werden muß (vgl. hierzu den Schnitt der Kurven in Abb. 206 mit den Geraden konstanter Plastizität).

auch die Kühlwasserverhältnisse nicht, die Temperatur der Walzenoberflächen dauernd so tief zu halten.<sup>249</sup>

b) *Die Batchgröße und die Walzdauer.* Das Fassungsvermögen der Walzwerke und Innenmischer ist in der Tabelle I aufgeführt. Der Betriebsleiter wird jedoch nicht starr an diesen Werten festhalten, sondern er wird zur Erzielung dieses oder jenen Effektes zuweilen die Batchgröße nicht unerheblich verkleinern. Ebenso kann es aus der Kenntnis des zeitlichen Verlaufes der Mastikation, wie er zu Anfang dieses Kapitels ausführlich besprochen wurde (Seite 307), mancherlei Vorteil bei der Ausarbeitung der Walzvorschriften ziehen. Es ist interessant, in diesem Zusammenhange darzustellen, wie die drei Standardplastikate A, B und C (siehe oben) in einer großen amerikanischen Fabrik hergestellt werden.

Das Rohgummiplastikat A wird durch 12 Minuten langes Walzen von 150 kg Rohgummi auf einem 84"-Walzwerk erhalten, wenn bestimmte (Temperatur- usw.) Bedingungen eingehalten werden.

Das Plastik B erhält man durch Verminderung der Batchgröße auf etwa 115 kg und gleichzeitige Erhöhung der Walzzeit auf 17 Minuten.<sup>250</sup>

Bei der Herstellung des Plastikats C macht man sich die Tatsache zunutze, daß die Mastikation am intensivsten während der ersten Minuten des Walzens verläuft (siehe Seite 307), solange der Gummi noch kalt und widerstandsfähig ist. Man führt den Rohkautschuk *z w e i m a l* durch dieses energische Walzstadium. Der Gummi wird in einem 150-kg-Batch 12 Minuten lang auf dem 84"-Walzwerk mastiziert, dann *a b g e k ü h l t* und nach achtstündiger Lagerung noch einmal *u n t e r d e n s e l b e n B e d i n g u n g e n* der gleichen Mastikation unterworfen.

Die *u n t e r b r o c h e n e M a s t i k a t i o n* mit zwischengeschalteter Abkühlung (das Ruhenlassen ist — siehe weiter unten — entbehrlich) ist geeignet, viel Zeit und Energie bei der Herstellung plastischer Mischungen zu sparen. Das beweist auch der folgende von *F a r b e r o w* (loc. cit.) mitgeteilte Großversuch:

Zwei Batches von je 275 kg smoked Sheet wurden unter sonst gleichen Bedingungen in einem »Banbury«-Innenmischer Nr. 27 mastiziert. Während der erste Batch jedoch erst 11 Minuten im »Banbury« bearbeitet, dann ausgewalzt und nach 24stündiger Ruhepause abermals 11 Minuten geknetet wurde, wurde der zweite Batch auf einmal hintereinander 20 Minuten in dem Innenmischer plastiziert. Das Ergebnis war das Folgende:

	Dauer der Plastikation in Minuten	erreichtes $Y_1$	Kühl- wasser- temperatur °C.	Temperatur der Masse °C.
1. Batch. 1. Plastikation	11	4,65	11	110
2. Plastikation	11	3,98	11	106
2. Batch.	20	4,50	11	112

<sup>249</sup> Der Kühlwasserverbrauch eines Großwalzwerkes (84") schwankt zwischen 50 und 135 l/Minute. (Siehe hierzu die Ausführungen von K. F. Schnuck, Ind. Engng. Chem. 22 (1932) S. 1007). Der Kühlwasserstrom wird häufig automatisch auf Grund der Temperatur der Walzen reguliert.

<sup>250</sup> Über die Bedeutung dieser Maßnahmen vgl. S. 311



Aus dieser Erkenntnis heraus erklärt sich auch die Tendenz zahlreicher Fabriken, Mastikation und Einmischung der Chemikalien zeitlich zu trennen, auch dann, wenn beide Operationen auf der gleichen Maschine ausgeführt werden.

c) *Der Walzspalt.* In dem Bestreben, die Variablen des Walzprozesses auf ein Minimum herabzudrücken, plastiziert man in einer Reihe — zumal amerikanischer — Fabriken mit konstanter Öffnung zwischen den Walzen. Dies vereinfacht die Arbeit am Walzwerk, hat aber in bezug auf auftretende Energieverbrauchsspitzen usw. gewisse Nachteile gegen die andere Methode, bei der die Spaltbreite, mit einer kleinen beginnend und zu immer größeren übergehend, gesteigert wird. Auf jeden Fall soll, mit Rücksicht auf die Geschwindigkeit der Mastizierung und auf einen geringeren Energieverbrauch, angestrebt werden, mit einem möglichst engen Spalt zu arbeiten. Diesem Bestreben wirkt zwar die Tatsache entgegen, daß, je schmaler der Spalt ist, desto stärker bei gegebenem Batchvolumen die Wulst über dem Spalt wird. Diese Wulst dreht sich während des Walzens, und in ihrem Inneren werden nicht unbedeutende Wärmemengen erzeugt, die wegen des massiven Charakters derselben nur unvollkommen abgeleitet werden können. Dies hindert aber nicht, daß die Mastikation dennoch schneller bei kleinem Spalt verläuft und ist nur von Belang beim Einmischen der Chemikalien, wo die lokale Überhitzung in der Wulst eine Scorching-Gefahr mit sich bringt.

d) *Die Erzeugung gleichmäßigen Plastikats.* Die Erzeugung eines Plastikats und einer Mischung von stets gleichbleibender Plastizität ist eine ebenso wichtige wie schwierige Aufgabe. Es ist begreiflich, daß man im Betriebe Mischungen nicht gebrauchen kann, die einmal beim Spritzen oder Kalandrieren wegen unzureichender Plastizität anbrennen, ein anderes Mal infolge übermäßiger Mastikation schlechte Festigkeitseigenschaften haben. Man hat daher versucht, den Walzprozeß weitgehend zu standardisieren. Der Arbeiter erhält eine genaue Zeiteilung, die er beim Ausführen der einzelnen Operationen befolgen muß.

Jedoch ist auch die sorgfältigste Einhaltung der Arbeitsspezifikation keine Garantie für stets gleichförmiges Plastikats. Sie wäre es nur dann, wenn der angelieferte Rohgummi stets die gleiche Plastizität hätte, und wenn es gelänge, die Temperatur der Walzen konstant zu halten. Dies ist aber nicht der Fall, beträchtliche Schwankungen in der Plastizität von Ballen zu Ballen sind keine Seltenheit; selbst dann nicht, wenn der Gummi von der gleichen Plantage kommt und nach demselben Verfahren gewonnen wurde. Das Fehlen eines sofort anzeigenden Plastimeters (von der Art eines elektrischen oder thermischen Meßinstruments) macht es unmöglich, die Plastizität laufend beim Walzen zu kontrollieren. Um die Arbeit nach einer festen Zeiteilung dennoch durchführen zu können, hat Griffiths<sup>251</sup> ein System vorgeschlagen, verschiedene Rohgummilieferungen zu kombinieren und hierdurch die Schwankungen in der Plastizität des Rohgummis auf statistischem Wege auszugleichen

<sup>251</sup> R. T. Vanderbilt-Notebook (1929).

(»Blending«). Selbstredend rentiert sich dieses Verfahren nur bei Verwendung großer Maschinen.

Sind wir auch nicht in der Lage, die Plastizität des Walzgutes laufend zu messen, so haben wir doch neben den subjektiven Merkmalen<sup>252</sup>, die uns über den Zustand des Materials orientieren, einige Hilfsmittel, um die Plastizität des Gummis angenähert quantitativ zu verfolgen.

Walzt man unter genormten Bedingungen, so ist der *elektrische Leistungsverbrauch eine Funktion der jeweiligen Plastizität*. Ein Vorschlag von Schidrowitz<sup>253</sup> geht nun dahin, den Rohgummi unter Standardbedingungen soweit zu walzen, bis der Leistungsverbrauch (über einen kurzen Zeitraum von etwa einer Minute gemittelt) einen bestimmten Wert erreicht hat (vgl. hierzu die Leistungskurven a und b der Abbildung 213).

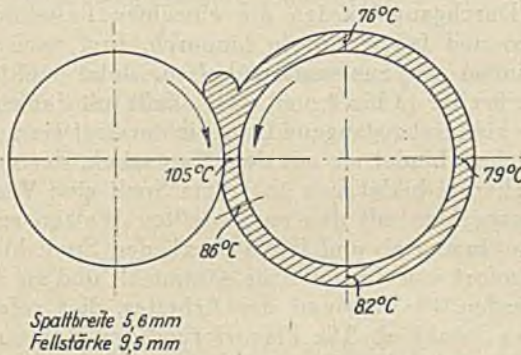


Abb. 214. Spaltbreite, Fellstärke und Temperaturverteilung beim Walzen (n. Young. I. R. J. 79 [Nov. 1929] International Issue S. 5)

Eine andere, durch ihre Einfachheit bestechende Methode soll bei den Goodyear-Werken in Anwendung sein.<sup>254</sup> Wird Kautschuk auf einem Walzwerk mastiziert, so ist wegen seines »Nervs« das Fell um die Arbeitswalze stets stärker als die Spaltöffnung zwischen den Walzen (Abb. 214). Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Plastizität der Masse und der Fellstärke. Es genügt daher, wenn bei einem konstant gehaltenen, sagen wir auf 5,6 mm gestellten Spalt von Zeit zu Zeit kleine Stücke von dem Fell abgeschnitten werden, deren Stärke mit dem Mikrometer bestimmt wird. Ist die Fellstärke auf z. B. 9,5 mm zurückgegangen, so kann der Batch heruntergeschnitten werden, da er nunmehr die geforderte Plastizität besitzt. Eine nachträgliche Plastizitätskontrolle ist in den meisten Fällen doch noch erforderlich.<sup>255</sup> Die Anzahl

<sup>252</sup> Der Kautschuk bildet um die Walze ein glattes, glänzendes und gleichmäßiges Fell. Beim Eindrücken mit dem Messer oder dem Fingernagel bleibt eine deutliche Spur. Beim Einschneiden mit dem Messer ist das charakteristische Knirschen nicht mehr hörbar usw.

<sup>253</sup> I. R. J. (12. April 1924).

<sup>254</sup> Vgl. Shoaff loc. cit. unter 238

<sup>255</sup> Denn dieses Verfahren, ebenso wie jenes von Schidrowitz, setzt eine konstante Temperatur voraus.



der Batche, deren Plastizität sich aber als außerhalb der Limitzahlen liegend erweist, soll geringer sein als bei Arbeit allein nach konstanter Zeitspezifikation (ohne »blending«).

e) *Die Technik des Walzens.* Arbeitet man mit veränderlichem Spalt, so spielt sich der Mastikationsvorgang auf dem Walzwerk im einzelnen wie folgt ab:

Der Arbeiter stellt die Walzen des sorgfältig gesäuberten und abgelegten Walzwerkes parallel und eng (etwa 1 mm Spaltbreite). Dann beginnt er die Felle einzeln heraufzugeben. Er soll sich gewöhnen, die Felle stets mit ihrem dünnen Ende in den Spalt einzuführen und darauf zu achten, daß sie gut gegriffen werden. Sind die Felle naß oder werden sie von den Walzen nicht erfaßt, so können sie herausgeschleudert werden und den Arbeiter verletzen.

Beim ersten Durchgang werden die einzelnen Felle noch nicht zusammengebacken und fallen einzeln hindurch. Erst nach dem zweiten Durchgang beginnen sie aneinanderzuhaften. Jetzt stellt der Walzer den Spalt etwas breiter (3 bis 4 mm).<sup>256</sup> Er faßt mit der einen Hand die durch den Spalt hindurchgegangene Gummibahn, legt sie um die vordere Walze herum und verbindet sie mit dem Kautschuk, der noch nicht hineingezogen ist. Hierbei bildet sich über dem Spalt eine Wulst.

In der Anfangsperiode mit den enggestellten Walzen springen häufig Stücke von dem Gummi ab und fallen durch den Spalt hindurch. Diese Stücke müssen sofort von dem Walzer gesammelt und zu der Masse zurückgegeben werden.<sup>257</sup> Versäumt der Arbeiter, dies sofort zu tun, so kühlen sich diese Stücke ab. Die Plastizierung der Masse schreitet aber inzwischen fort, und werden die Stücke später zugegeben, so sind sie nicht in der Lage, sich in der weichen Masse zu verteilen. Sie bleiben darin als harte Stellen und behindern die weitere Verarbeitung.

Während der dann folgenden Plastikationszeit schneidet der Arbeiter vom linken wie vom rechten Rand der Gummibahn je 2 bis 3 Streifen von 5 bis 10 cm Breite ein und klappt sie auf die Mitte um. Diese Maßnahme geschieht in der Absicht, auch die Ränder des Felles gut durchzumastizieren. Es ist nämlich eine Erfahrungstatsache, daß dann, wenn dies unterbleibt, die am Rande liegende Masse weniger plastisch ist als die in der Mitte befindliche. Wahrscheinlich hat dies seine Ursache darin, daß die Masse am Rande die Möglichkeit zum Querfluß hat, und statt mastiziert zu werden, einfach nach der Seite weggepreßt wird.

Ist die Masse zu einem zusammenhängenden Fell geworden, so werden die Walzen so weit gestellt, daß die Wulst höchstens 100 mm im Durchmesser wird und sich zu drehen beginnt. Diese Rotation unterstützt die Mastizierung.

<sup>256</sup> Öffnet man die Walzen beim leeren Walzwerk, so muß man stets erst ein kleines Gummistück passieren lassen, ehe man eine große Beladung auf das Walzwerk gibt. Dies hat den Zweck, die Walzen behutsam auseinanderzuschieben, da bei einem stoßartigen Auseinandertreiben die Zapfen brechen können.

<sup>257</sup> Der Walzer muß sich vorsehen, daß abreißende Gummistücke ihn nicht verletzen.

Ist die Mastikation beendet, was der Arbeiter aus der Spezifikation schließt oder an Hand eines der oben beschriebenen Merkmale feststellt, so beginnt er die Masse herunterzuschneiden.

Zieht man die Mastikation mit konstantem Walzspalt vor, so kann die Arbeitsvorschrift z. B. folgendermaßen aussehen:

### Arbeitsprogramm:

#### Spezifikation:

Kautschuksorte: Smoked Sheet.

Plastizitätsgrad: A (siehe Seite 320/21).

Maschine: 60"-Walzwerk.

Batch-Gewicht: 55 kg.

Arbeitszyklus: 15 Minuten.

Stärke des Felles beim Herunterschneiden: 9,5 mm.

#### Zeiteilung:

Kautschukballen in zwei Teile schneiden; eine Hälfte

auflegen und plastizieren . . . . . 13½ Minuten

Herunterschneiden des Plastikats . . . . . 11½ Minuten

Felle unter der Dusche abkühlen!

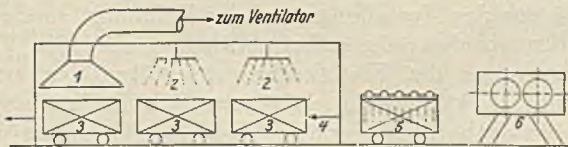


Abb. 215. Anlage zum Kühlen von Kautschukmischungen

6. Walzwerk oder Plattenwalzwerk eines Innenmischers,  
4. Duschaum, 3. u. 5. Wagen mit Kautschukfellen,  
2. Brausen, 1. Abzug

f) *Das Abkühlen.* Früher war es ganz allgemein üblich, das Plastikats zu Puppen zusammenzurollen und in dieser Form lagern zu lassen oder alsbald wieder aufs Walzwerk zum Zwecke der Einmischung von Chemikalien zu geben. Rein empirisch fanden zunächst amerikanische Betriebe, daß es günstig ist, die Masse auf beschleunigte Weise durch Abduschen oder durch Einhängen in kaltes, talkumhaltiges Wasser zu kühlen. Wie auf Seite 319 ausführlich besprochen, hat diese Maßnahme besondere technologische Bedeutung, da sie es möglich macht, die einmal erworbene Plastizität weitgehend zu erhalten. Eine Anlage zum Kühlen des Kautschuks ist in Abb. 215 gezeigt.<sup>258</sup>

*Das Abschrecken des Plastikats bringt auch den Vorteil mit sich, daß der Gummi nicht mehr zu lagern braucht und sofort nach dem Trocknen weiterverarbeitet werden kann.*

<sup>258</sup> Nach Farberow (loc. cit.).



## 2. Die Einmischung der Chemikalien

In einem früheren Abschnitt (siehe Seite 216) ist der Ansicht Ausdruck verliehen worden, daß die Festigkeitseigenschaften des vulkanisierten Systems: Kautschuk-Füllstoff von drei Faktoren abhängen:

- a) Von dem Ausmaß der Grenzfläche zwischen der Kautschukmatrix und dem eingebetteten Pigment,
- b) von der Stärke der in dieser Grenzfläche herrschenden Bindung, und
- c) von der mechanischen Festigkeit der Kautschukmatrix selbst.

### a) Die Veränderungen beim Einmischen der Chemikalien

Die Aufgabe des Einmischens besteht darin, die meist pulverförmigen Füllstoffe in die Kautschukmasse einzuverleiben und sie homogen darin zu verteilen. Sie läuft also auf das Bestreben hinaus, eine möglichst große Grenzfläche zwischen dem Gummi und dem Pigment zu entwickeln und dadurch maximale verstärkende Wirkung hervorzubringen. Die Einmischung der Füllstoffe ist jedoch — sofern man vom koagulierten Gummi ausgeht — notwendig mit einer über die Bearbeitung beim Mastizieren hinausgehenden zusätzlichen mechanischen Bearbeitung des Kautschuks verbunden. Es verändert sich daher im Verlauf der Einmischung nicht nur der Verteilungsgrad des Füllstoffs, sondern auch der Zustand der Kautschukmatrix selbst. Während aber die Verbesserung des Verteilungsgrades die Festigkeitseigenschaften des vulkanisierten Produktes erhöht, wirkt sich die zusätzliche Mastikation des Kautschuks — wie schon wiederholt im Verlauf dieser Ausführungen dargelegt — gerade in dem umgekehrten Sinne aus.

Vom technologischen Standpunkt aus ist das Problem der Einmischung von Chemikalien in den mastizierten Kautschuk ebenso interessant wie unübersichtlich. Es ist daher lehrreich, an Hand einer Versuchsreihe von Grenquist<sup>259</sup>, die Verhältnisse näher zu betrachten.

Eine Mischung aus:

100	Teilen Kautschuk,
40	„ Gasruß
5	„ Zinkweiß,
3	„ Schwefel,
0,4	„ Beschleuniger,
1	„ Alterungsschutzmittel,
4	„ Stearinsäure,
3	„ Nadelholzteer

wurde in der folgenden Weise gemischt:

1000 g smoked Sheet wurden 15' lang auf einem Laboratoriumswalzwerk (30 × 48 cm) mastiziert, während welcher Zeit auch Beschleuniger, Alterungsschutzmittel und Erweichungsmittel zugesetzt wurden. Um den Gummi möglichst wenig niederzubrechen, wurde bei einer Walzentemperatur von ungefähr 65° C gearbeitet.<sup>260</sup> Im Verlauf von weiteren 15' wurden Gasruß, Zinkweiß und Schwefel zugemischt, so daß nach 30' Walzdauer sämtliche Füllstoffe ein-

<sup>259</sup> Kautschuk 6 (1930) S. 230

<sup>260</sup> In einem gewissen Gegensatz zur Fabrikpraxis sind Proben im Laboratorium möglichst kurz bei höherer Temperatur zu mastizieren.

verleibt waren. Ab nun wurden alle 3 Minuten Proben von 200 g heruntergeschnitten.

Probe	Gesamtwalzzeit	Anzahl der Einschnitte	Raffinierungen
1	30 Minuten	5	0
2	33	10	0
3	36	15	0
4	39	20	1
5	42	25	2
6	45	30	3
7	48	35	5

Die Verteilung der Füllstoffe war zu Anfang verhältnismäßig schlecht. Durch fortgesetztes Homogenisieren (Einschneiden, Zusammenrollen und »auf den Kopf« stellen, Hindurchlassen durch enggestellte Walzen [Raffinieren]) gelang es jedoch, sie wesentlich zu verbessern.

Von den Proben 1—7 wurde bestimmt: 1. Die Plastizität nach Williams (die Plastimeteranzeigen  $Y_3$  und  $Y''_1$  (siehe Seite 305). 2. Nach einer besonderen mikroskopischen Methode die Güte der Verteilung. 3. Die Festigkeitseigenschaften im frischen und gealterten Zustande bei 30 bis 90 Minuten Vulkanisation.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit sind in Abb. 216 gezeigt. Verteilungsgrad (in einer subjektiven Skala), Plastizität, Bruchfestigkeit bei optimaler Vulkanisation, Abnutzungswiderstand (nach Grasselli) und Modulus bei 400% Dehnung (die drei letzteren im ungealterten optimal vulkanisierten Zustande) sind hier als Funktion der Walzzeit aufgetragen.

a) Die Dispersion. Zunächst fällt ins Auge, daß die Verteilung der Füllstoffe nicht etwa mit fortschreitender Bearbeitung der Masse kontinuierlich besser wird. Sie erreicht vielmehr bei 42 bis 45 Minuten ein Maximum, um dann wieder (vermutlich durch Flockulierung der Teilchen) schlechter zu werden. Auf dieses merkwürdige Verhalten gewisser Pigmente hat als erster vor einigen Jahren Haus er<sup>261</sup> hingewiesen.

β) Die Plastizität. Anfänglich sinkt die Plastizität ein wenig.<sup>262</sup> Es verringert sich die »Weichheit« ( $Y_0 - Y$ ); gleichzeitig vergrößert sich der »Nerv« ( $Y'' - Y$ ) der Mischung. Dies dürfte seine Ursache darin haben, daß der aktive Füllstoff in dem Maße, wie seine Dispersion vollkommener

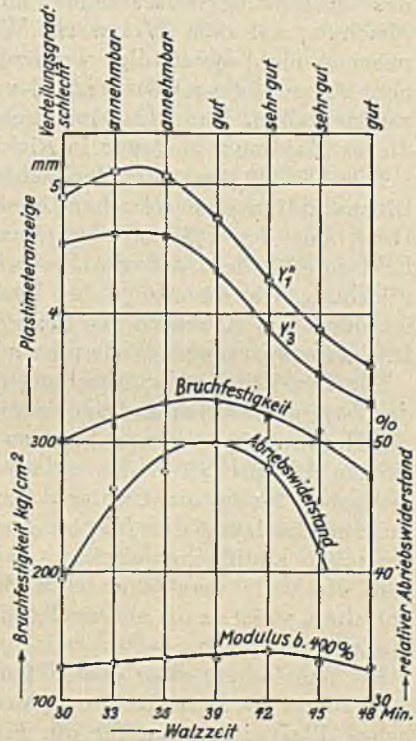


Abb. 216. Einfluß der Walzdauer auf die Plastizität, den Verteilungsgrad und die optimalen Festigkeitseigenschaften einer Laufflächenmischung

<sup>261</sup> Gow Lectures (London 1928) S. 38

<sup>262</sup> Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß einer größeren Plastimeteranzeige  $Y'$  ein kleinerer Plastizitätswert entspricht. (Vgl. Seite 306.)



wird, die rohe Mischung immer mehr und mehr versteift. Dann kommt jedoch ein Punkt, wo die erweichende Wirkung der fortschreitenden Mastizierung den versteifenden Einfluß des Rußes überwindet. Die Plastizität beginnt wieder zu wachsen. In dem Maße wie die Plastizität steigt, verringert sich jetzt auch die Festigkeit der Kautschukmatrix.

γ) *Die Festigkeit der vulkanisierten Mischung.* Aus der Änderung des Verteilungsgrades einerseits und aus dem Verlauf der Plastizität andererseits erklärt sich jetzt zwangsläufig der Verlauf der Bruchfestigkeit und des Abnutzungswiderstandes mit fortschreitender Bearbeitung der Mischung auf dem Walzwerk. Würde die Kautschukmatrix beim Einmischen nicht geschädigt werden, so würde das Maximum dieser mechanischen Eigenschaften mit dem Maximum des Verteilungsgrades zusammenfallen. Durch die inzwischen fortschreitende Mastizierung wird dieses Maximum hingegen in Richtung kürzerer Walzzeiten verschoben.

Die häufig gemachte Beobachtung, daß die gleichen physikalischen Eigenschaften einer Mischung sowohl bei guter als auch bei schlechter Dispersion der Füllstoffe erhalten werden können, kann dadurch ihre Erklärung finden, daß die Steigerung der Festigkeitseigenschaften der Mischung, wie sie infolge der Verbesserung der Dispersion zu erwarten ist, durch ein Absinken der Festigkeit der Kautschukphase während des Dispersionsvorganges kompensiert wird.<sup>259</sup>

Die Bearbeitung der Mischung auf dem Walzwerk (das Einschneiden, das Zusammenrollen und »auf den Kopf stellen« der Puppe (siehe S. 333), das Raffinieren) verursacht nur so lange eine Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der vulkanisierten Mischung, als die Plastizität der rohen Masse nicht unter einen bestimmten Wert sinkt, der von der Zusammensetzung der Mischung abhängt und z. B. im Falle der obigen typischen Laufflächenmischung bei einem  $Y_3$  von etwa 4,00 liegt. Will man die volle verstärkende Wirkung der eingemischten Ingredienzien entfalten, so ist es oft notwendig, die Walzprozedur von Grund auf umzugestalten.

Die Aufstellung einer geeigneten Walzspezifikation basiert darauf, daß man zuerst im Betriebe durch Versuche ermittelt, welche »kleinstmögliche« Plastizität noch für die Mischung zulässig ist, bei der sie noch anstandslos verarbeitet (gespritzt, kalandriert usw.) werden kann. Durch zweckmäßige Wahl der Mastikations- und Einmischungsbedingungen versucht man sodann, die Mischung in solcher Weise herzustellen, daß die Füllstoffe homogen verteilt werden, ohne daß gleichzeitig diese »kleinstmögliche« Plastizität wesentlich überschritten wird. Im Verlauf des Folgenden werden wir auf die Möglichkeiten hingewiesen, die zur Erreichung dieses Zieles zur Verfügung stehen.

### b) Die Auswahl der Maschine

Die Einmischung der Chemikalien wird entweder auf einem Walzwerk oder in einem Innenmischer besorgt. Für den Vorgang der Mastizierung des Rohgummis zeigte der Rentabilitätsvergleich dieser beiden Maschinen (siehe Seite 318), daß die Großwalzwerke sehr erfolgreich selbst mit den größten Typen der Innenmischer konkurrieren können.

Für die Einmischung der Chemikalien in den mastizierten Kautschuk gilt das Umgekehrte. Hier erweisen sich die geschlossenen Mischer den Walzwerken wirtschaftlich weit überlegen, zumal, wenn es sich um Mischungen mit hohem Füllstoffgehalt handelt.

Nach einem Nielsen Survey<sup>263</sup>, auf sorgfältigen Studien in einer großen amerikanischen Reifenfabrik basierend, können fünf Aggregate, bestehend aus je einem »Banbury«-Mischer Nr. 11 und einem 84"-Plattenwalzwerk, rund 19 Walzwerke von 84" Ballenlänge in bezug auf deren Leistung ersetzen. Hierbei verbilligen sich die Gesteungskosten von 100 lbs. Mischung (einschließlich der Betriebs- und Generalunkosten, sowie Amortisation der Anlage) von 0,4582 Dollar auf 0,2666 Dollar. Für den speziellen Fall einer Gummischuhfabrik sind die erzielbaren Ersparnisse an anderer Stelle dieses Buches einzeln spezifiziert.

Die Erklärung für die größere Leistungsfähigkeit der Innenmischer ist in folgendem zu suchen: Die Mischleistung eines Walzwerkes steigt bedeutend, wenn die Arbeitsgeschwindigkeit und — in gewissen Grenzen — auch die Friktion erhöht wird.<sup>264</sup> Dem ist aber im praktischen Betriebe eine Grenze gesetzt. Aus Gründen der Sicherheit beim Walzen, wegen des Stromverbrauches und der Temperatur, kann man selbst bei sehr großen Walzwerken nicht über eine Umfangsgeschwindigkeit von 30 m/Minute hinausgehen. Desgleichen ist man bei der Herstellung füllstoffreicher Mischungen gezwungen, nur ganz geringe Friktionen (z. B. 1 : 1,07) zu wählen, da sonst das Durchschütten der trockenen Füllstoffe durch den Spalt in einem solchen Maße zunimmt, daß die Arbeit des Walzers erschwert wird. Ein wirksames Hilfsmittel dagegen ist die Verwendung von Walzwerken mit Schürzen, wie sie zumal in den Vereinigten Staaten häufig anzutreffen sind; unter den Walzen läuft ein endloses Band — so breit wie die Ballenlänge —, das laufend die durchgeschütteten Chemikalien in den Spalt zurückgibt.

Für den Fall einer Karkasemischung (spezifisches Gewicht 0,97), die aus mastiziertem Rohkautschuk hergestellt wird, gibt Shoaf<sup>238</sup> die folgenden Zahlen an:

	Batch- größe lbs.	Arbeits- zyklus Min.	benötigte mittlere Leistung PS	Maximal- leistung PS	kWh pro lbs.	erreichte mittlere „Weich- heit“	„Nerv“
84" Walzwerk ohne Schürze	150	30	90	150	0,176	0,315	0,014
84" Walzwerk mit Schürze	150	25	95	150	0,164	0,315	0,014
und für den Fall einer hoch gasrußhaltigen Mischung (spez. Gew. 1,12), hergestellt unter Verwendung von Rohgummi ( $K_3 = 0,390$ )							
84" Walzwerk ohne Schürze	300	30	87	137	0,238	0,480	0,065
84" Walzwerk mit Schürze	300	25	90	137	0,220	0,480	0,065

Wie man sieht, beträgt die Zeitersparnis über 15%, die Ersparnis an elektrischer Energie 7 bis 8%, und die Beladbarkeit der Maschine mit Schürze ist höher.

Diese Grenzsetzung in bezug auf Arbeitsgeschwindigkeit und Friktion besteht bei den geschlossenen Mixchern nur insofern, als die Tempe-

<sup>263</sup> A. C. Nielsen Company, Survey FB—51—GZ vom 10. Oktober 1930.

<sup>264</sup> Vgl. z. B. E. C. Zimmermann, Rubber Age, N. Y., 23 (1928) S. 144



ratur der Masse in ihnen sich in normalen Grenzen halten muß. Umfangsgeschwindigkeiten der Rotoren von 33,5 m/Minute sind das Normale. Während ferner der Geschwindigkeitsunterschied zwischen der vorderen und der hinteren Walze bei Großwalzwerken nur wenige Meter pro Minute beträgt<sup>265</sup>, ist das Geschwindigkeitsdifferential bei einem Innenmischer der Umfangsgeschwindigkeit gleichzusetzen, also z. B. 33,5 m/Min., da die Einverleibung der Füllstoffe in die Kautschukmasse zwischen den Rotoren und der feststehenden Wandung stattfindet. Hinzu kommt noch, daß bei einem Innenmischer die Einmischung der Chemikalien durch die ganze Masse hindurch erfolgt, während beim Walzwerk sich die Füllstoffe nur im Spalt einmischen. Nicht zuletzt spielt eine Rolle, daß z. B. bei den Innenmischem vom System »Banbury« die Einmischung unter dem Druck eines Preßstempels (Ram) erfolgt, der die Masse dauernd in der Arbeitsphäre der Rotoren hält.

Die Leistung der einzelnen Mischmaschinen ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Maschine oder Aggregat:	Batch-Volumen Liter	Arbeitszyklus Min.	Anmerkung
42" Walzwerk	25	20—35	kurzer Zyklus bezieht sich auf füllstoffarme Mischung
60" Walzwerk mit Schürze	45	20—35	
84" Walzwerk mit Schürze	95	20—35	
Banbury Nr. 9 + 1 84" Walzwerk	100	8—15	kurzer Zyklus für füllstoffreiche Mischungen (Schuhe, Sohlen, Matten)
Banbury Nr. 11 + 1½ 84" Walzwerke	130	8—15	
Banbury Nr. 27 + 3 84" Walzwerke	285	8—15	

Innenmischer können somit in folgender Weise Großwalzwerke ersetzen:

Innenmischer	ersetzt 84" Walzwerke	ersetzt 60" Walzwerke
Für die Plastikation:		
Banbury Nr. 9 + 1 84" WW	1,25— 1,35	3
Banbury Nr. 27 + 3 84" WW	3,75— 4	8 — 9
Für die Einmischung:		
Banbury Nr. 9 + 1 84" WW	2,25— 3,25	4,5— 6
Banbury Nr. 27 + 3 84" WW	7 —10	14 —19

### c) Die Arbeitsmethoden

Bei der Herstellung von Mischungen — gleichgültig, ob in einem geschlossenen Mischer oder auf offenem Walzwerk — können prinzipiell zwei Wege beschritten werden. Entweder:

- Die Füllstoffe und sonstige Zusätze werden in bestimmter Reihenfolge in den plastizierten Rohgummi eingemischt oder
- es werden konzentrierte Dispersionen der einzelnen Füllstoffe im mastizierten Kautschuk hergestellt (masterbatche), die dann in entsprechendem Verhältnis und unter Hinzufügung der noch fehlenden Menge an vorgewalztem Rohkautschuk zusammengeknetet werden.

So schön das Master-batch-Verfahren ist, und obwohl es in Folge besserer Dispersion bei geringerer mechanischen Bearbeitung der fertigen Mischung Vulkanisate mit höheren Festigkeitszahlen liefert, so ist es doch das teurere von beiden. Seine Anwendung ist aus wirtschaft-

<sup>265</sup> Z. B. 2—3 m/Min.

lichen Gründen nicht immer möglich. In der Mehrzahl der praktischen Fälle wird man beide Verfahren kombinieren. D. h. man wird einige Stoffe, deren vollständige Dispersion Schwierigkeiten bereitet (z. B. Gasruß), oder die wegen ihrer geringen Konzentration und starken Wirkung besonders sorgfältig verteilt werden müssen (Beschleuniger), als Masterbatch in die Mischung einführen, während die anderen Füllstoffe zu dem vorgewalzten Gummi direkt zugemischt werden. Dem Betriebsleiter wird es hierbei zugute kommen, daß er in dem Innenmischer eine ausgezeichnete Aufbatchmaschine besitzt.

\* \* \*

Zunächst soll die **Herstellung von Mischungen auf einem Walzwerk** besprochen werden. Und zwar nach der unter a) genannten Methode.

Zum Mischen werden Walzwerke großer Dimensionen vorgezogen, da sie ein gleichmäßigeres Produkt liefern. *Je höher der Füllstoffgehalt ist, oder je »trockener« die zur Anwendung kommenden Füllstoffe sind, desto niedriger muß die Friktion gewählt werden.* Sonst nimmt — wie oben (siehe Seite 329) erwähnt — der Durchschütt überhand.

Liegt ein Plastikats von definierter und stets gleichbleibender Plastizität vor, so ist es möglich, eine feste Spezifikation (Arbeitszeitteilung) auszuarbeiten. Wird weiterhin diese Zeitteilung von dem Arbeiter sorgfältig eingehalten, so spricht alles dafür, daß man eine Mischung bestimmter Plastizität im Betrieb zur weiteren Verarbeitung haben wird.

Das Ziel des Walzens ist es nun, die Zusätze in dem Kautschuk so homogen wie möglich zu verteilen, ohne ihn überzumastizieren und ohne die Mischung anbrennen zu lassen. Hierzu muß die Temperatur der Walzen auf etwa 40 bis 50° C gehalten und die Reihenfolge der Einmischung richtig gewählt werden.

Namentlich sind die Walzen dann intensiv zu kühlen, wenn man mit Beschleunigern arbeitet, oder wenn die Mischung größere Mengen aktiver Füllstoffe enthält, die bei der Dispersion die Masse stark erwärmen. Normalerweise wird die vordere (Arbeits-) Walze etwas kälter gehalten als die hintere. Hierdurch wird eine gute Kühlung der Masse gewährleistet und dennoch erreicht, daß die **f e s t e n** Erweichungsmittel bei der Zugabe auf dem Walzwerk schmelzen und sich gut in der Masse verteilen können.

Die **Reihenfolge der Einmischung**. Bevor der Rohgummi nicht eine hinreichende Plastizität erreicht hat oder das Plastikats nicht erweicht ist, sollen keine Füllstoffe zugegeben werden.

Zuerst werden **R e g e n e r a t** und **F a k t i s** eingemischt. Vor der Zugabe ist der letztere *auf dem enggestellten Walzwerk fein zu mahlen*. Bei Anwesenheit großer Mengen, zumal weißen Faktis kann man auch so verfahren, daß man nach dem Weichmachen des Plastikats bis zu zwei Drittel des Gummivorrats herunterschneidet und in dem verbliebenen Rest den Faktis so vollständig wie möglich verteilt. D. h. man stellt eine



Art Faktis-master-batch her. Erst jetzt wird der zu Anfang heruntergeschnittene Gummivorrat wieder aufs Walzwerk genommen.

Auch die Erweichungsmittel werden meist vor den anderen Chemikalien zugegeben. Enthält jedoch die Mischung größere Mengen davon, so ist es ratsam, um die Masse nicht übermäßig zu erweichen und ihr nicht die Scherkräfte zu nehmen, die Zugabe der Erweichungsmittel in zwei Portionen vorzunehmen: zur Hälfte vor dem Einmischen und zur Hälfte nach dem Einmischen der Füllstoffe. Auch kann man die flüssigen Erweichungsmittel sukzessive zusetzen, in dem Maße, wie man die trockenen Füllstoffe zugibt (vgl. Diagramm d der Abb. 213).

Jetzt erst werden die restlichen Chemikalien, die in Mischkästen abgewogen und durchgerührt ans Walzwerk gelangen, zugemischt. In diesem Stadium soll der Gummi weder zu steif noch zu weich sein. Allgemeine Regeln für die Handhabung des Einmischvorganges lassen sich schon mit Rücksicht auf die Vielseitigkeit der Rezeptur nicht aufstellen.

Enthält die Mischung wenig Füllstoffe, doch sind die letzteren aktiv, so kann man folgendermaßen verfahren: Der Arbeiter schöpft mit der Hand die Ingredienzien aus dem Mischkasten und trägt sie durch Darüberstreichen über das Gummifell auf der vorderen Walze parallel zur Walzenachse auf.

Ist die Menge der Ingredienzien so groß, daß ein Einreiben der Füllstoffe von Hand zu lange dauert und man Gefahr läuft, den Kautschuk inzwischen überzumastizieren, oder daß die aktiven Füllstoffe, statt sich gleichmäßig zu verteilen, Klumpen bilden, so s i e b t man sie durch ein über dem Walzwerk befestigtes engmaschiges Sieb hindurch auf das Kautschukfell. Das Sieb ist so anzuordnen, daß die Chemikalien auf die vordere (Arbeits-) Walze fallen, am besten kurz v o r der Wulst.

Jedenfalls soll man es vermeiden, die Pigmente auf die Wulst zu schütten. Sie gelangen sonst leicht zwischen Wulst und hintere Walze, wo sie unter der Einwirkung des Druckes und der Hitze zu harten, schwer verteilbaren Agglomerationen zusammenbacken. Im Falle der Magnesia usta z. B. ist dies besonders unangenehm, weil die harten Klumpen dieses Füllstoffs an der hinteren Walze »festbrennen« und nur mit Mühe von ihr entfernt werden können.<sup>266</sup> Auch soll man die Füllstoffe nicht auf die 10 bis 15 cm breiten Ränder des Felles schütten oder sieben, da hier eine nur unvollkommene Einmischung stattfindet.

Enthält schließlich die Mischung eine große Menge, jedoch inaktiver und leicht einmischbarer Pigmente, so kann man sie einfach in größeren Portionen auf das Kautschukfell, dort, wo es an die Wulst grenzt, aufhäufen.

<sup>266</sup> Dies ist besonders beim Herstellen von Mischungen für Stoffgummierungen zu beachten. — Auch Gasruß, der zwischen enggestellten Walzen zusammengepreßt worden war, büßt einen Teil seiner Dispergierbarkeit ein (loc. cit. Fußnote 270).

Die durch den Spalt in den Kasten fallenden Brocken, ebenso wie die durchgeschütteten Chemikalien, sollen möglichst häufig mittels Handfeger und Schippe zusammengekehrt und wieder aufs Walzwerk gegeben werden. Von der kontinuierlichen Zurückgabe der durchgeschütteten Füllstoffe durch ein Transportband war schon oben (siehe Seite 329) die Rede. Die Wulst zwischen den Walzen soll etwa 50 bis 60 mm im Durchmesser betragen und dauernd rotieren. Bei Arbeit mit veränderlichem Spalt ist hierzu der Abstand zwischen den Walzen von Zeit zu Zeit zu vergrößern. Bei Arbeit mit festem Abstand (siehe unten) ist die Wulst zu Anfang so klein zu wählen, daß sie gegen Ende die genannte Größe nicht übersteigt.

*Erst nachdem die Chemikalien einigermaßen von dem Gummi aufgenommen worden sind, beginnt der Walzer mit dem Homogenisieren der Mischung.* Abwechselnd auf der rechten und auf der linken Seite der Gummibahn schneidet er in der früher beschriebenen Weise (siehe S. 324) Streifen von 10 bis 15 cm Breite ein und schlägt sie auf die Mitte um. Ein paarmal trennt er auch die Gummibahn quer durch und rollt den gesamten Batch zu einer Puppe auf. Wenn das Walzwerk dann leer ist, führt er die Puppe mit einem Ende wieder in den Spalt ein: er stellt die Puppe »auf den Kopf«.

Die Einmischung des Schwefels und des Beschleunigers wird verschieden gehandhabt. Fest steht, daß man diese beiden Agenzien möglichst kurze Zeit gemeinsam auf dem Walzwerk bearbeiten soll. Andererseits ist es unbedingt zu fordern, daß sie homogen in der Masse verteilt werden. Wird der Beschleuniger in trockener oder in flüssiger Form zugegeben, so ist es zur Erzielung guter Dispersion zu empfehlen, ihn gleich zu Anfang zu dem weichgemachten Gummi zu geben. Das Einmischen des Schwefels erfolgt in diesem Falle möglichst spät. Bei Anwendung eines Ultrabeschleunigers möglichst erst auf dem Vorwärmwalzwerk. Die andere, ebenso häufig geübte Methode besteht darin, daß man eine konzentrierte Dispersion des Beschleunigers in mastiziertem Kautschuk herstellt (einen Master-batch). Die Konzentration dieses Master-batches ist der Stärke des Beschleunigers umgekehrt proportional zu wählen. So benutzt man z. B. 5proz. Thionex- und Thiuram-Batche, 10proz. Captax- und 20proz. Diphenylguanidin- oder Diorthotolylguanidin-Vormischungen. Arbeitet man mit einem Batch, so ist es möglich, denselben auch in einem etwas späteren Stadium zu der Mischung zu geben.

Eine andere Idee liegt der folgenden typischen amerikanischen Arbeitsvorschrift zugrunde:

#### Arbeitsprogramm<sup>242</sup>

Spezifikation:

Mischung: Rote Formschlauchmischung (mit 1,25% Captax auf 100,0 Gummi).

Maschine: 60"-Walzwerk mit Schürze.

Batch-Gewicht: etwa 60 kg.

Arbeitszyklus: 24 Minuten.



Zeitplan:	seit Beginn des Zyklus ver- strichene Zeit
Einstellen des Spaltes auf 5,5 mm . . . . .	0 Minuten
Abheben der Schürze. Gesamten Kautschuk mit Ausnahme des Beschleunigerbatches aufs Walzwerk geben . . . .	0 Minuten
Anlegen der Schürze. Zwei Drittel des Kautschuks her- unterschneiden. Zu dem Rest Schwefel zugeben, der in besonderer Papiertüte abgewogen war . . . . .	7 Minuten
Kautschuk mit Schwefel vom Walzwerk nehmen. Statt- dessen den Kautschukrest zusammen mit dem Beschleu- nigerbatch auflegen . . . . .	9 Minuten
Gummivorrat soweit herunterschneiden, daß nur noch eine kleine Wulst zwischen den Walzen verbleibt. Erst Er- weichungsmittel, dann Füllstoffe zugeben . . . . .	11 Minuten
Alles bisher Herunterschnittene hinzugeben und bei dau- erndem Erweichen und »auf den Kopf« stellen, walzen . . . . .	18 Minuten
Beginnen, den Batch herunterzuschneiden . . . . .	22 Minuten
Herunterschneiden. Neuen Batch beginnen . . . . .	24 Minuten
Felle sofort unter die Dusche senden!	

Das Prinzip, das diesem Arbeitsprogramm zugrunde liegt, ist sofort ersichtlich. Man ist bestrebt, eine möglichst kleine Erwärmung dadurch zu haben, daß man stets mit kleinstmöglichem Gummivorrat arbeitet. Schwefel und Beschleuniger werden ferner nur 4 bis 6 Minuten gemeinsam bearbeitet, wodurch die Gefahr des Anbrennens vermindert wird. Außerdem ergibt sich eine hohe Belastbarkeit des Walzwerks, ebenso wie eine Arbeiterleichterung, da der Spalt nicht verstellt wird.

Eine weitere Methode, die Gefahr des Anbrennens einer Gummimischung beim Walzen zu vermeiden, besteht darin, daß die Mischungsvorschrift in zwei Komponenten geteilt wird. Bei sonst gleicher Zusammensetzung enthält die eine Komponente nur Schwefel, die andere nur den Beschleuniger. Die beiden Teilmischungen werden gesondert gemischt und getrennt aufbewahrt. Erst beim Vorwärmen werden sie zusammengegeben.

Andere Kunstgriffe, die man anwendet, um die Temperatur der Masse während des Mischens möglichst niedrig zu halten, werden weiter unten bei der Arbeit mit Innenmischern aufgeführt.

b) In einem gewissen Gegensatz zu den bisher besprochenen Verfahren steht die Methode, bei der die *Mischung aus Master-batches zusammengesetzt wird*. Diese Arbeitsweise wird mit Erfolg in einigen großen Fabriken angewandt. So kann z. B. eine Reifenmischung aus folgenden Komponenten aufgebaut werden:

1. Einem Master-batch von 60% Kautschuk + 40% Ruß + Erweichungsmittel (Stearinsäure, Fichtenteer usw.), während 16 Minuten in einem Banbury Nr. 27 hergestellt. (Vergleiche hierzu das Diagramm d der Abb. 214.)

2. Einem Batch aus 90% Kautschuk und 10% Beschleuniger + Alterungsschutzmittel + Zinkweiß. Gemischt auf einem 84"-Walzwerk, und
3. Einem gleichfalls auf einem 84"-Walzwerk hergestellten Batch aus 50% Kautschuk und 50% Schwefel.

Die Zusammenmischung mit der noch fehlenden Menge an mastiziertem Rohkautschuk kann z. B. in einem Banbury Nr. 9 erfolgen und nimmt etwa 4 Minuten in Anspruch.

In den meisten Fällen ist es ratsam, die fertige Mischung abzukühlen, sei es durch Auslegen auf Kühltische, sei es durch Einhängen in kaltes, talkumhaltiges Wasser oder durch Abduschen (siehe Abb. 215).

**Die Arbeit mit Innenmischern.** Die wirtschaftlichen Vorzüge der Innenmischer (wie die Ersparnisse an Energie, an Arbeitskraft, an Raum usw.) wurden schon gewürdigt. Darüber hinaus bringt die Herstellung von Mischungen in ihnen noch einige technische Vorteile:

- a) Die erzeugte Mischung zeichnet sich durch größere Gleichmäßigkeit und Homogenität aus. Ihre Qualität ist weitgehend unabhängig vom persönlichen Element des Arbeiters.
- b) Ist einmal die Reihenfolge der Einmischung, wie überhaupt ein festes Arbeitsprogramm festgelegt, so ist es leicht, dieses Programm genau zu befolgen. Hierzu dienen Programmuhren, die den Arbeiter laufend auf die vorzunehmende Operation aufmerksam machen, Lichtsignale usw.
- c) Es ist eine nachträgliche Kontrolle der Arbeit des Innenmischers und seiner Bedienungsmannschaft möglich. Da jede Operation, wie die Zugabe der Erweichungsmittel, der Chemikalien, des Beschleunigerbatches, des Schwefels usw., sich in charakteristischer Weise auf die Temperatur der Masse in seinem Inneren auswirkt, kann auf Grund eines fortlaufend registrierten Temperaturdiagramms der genaue Zeitpunkt dieser Operationen und die Sorgfalt ihrer Durchführung ermittelt werden (Abb. 217).
- d) Fast vollständig gefahrloses Arbeiten und, infolge verminderten Staubens, hygienischere Arbeitsverhältnisse als im Walzwerk.
- e) Als ein Vorteil kann zuweilen betrachtet werden, daß die in einem Innenmischer hergestellten Batches sich durch größere Steifheit auszeichnen als die auf einem Walzwerk gemischten. Dies hat seine Ursache in der höheren Temperatur und in der kürzeren Bearbeitungszeit in diesen Maschinen. Es gelingt somit, in einem Innenmischer die gleiche Dispersion zu erreichen wie auf dem Walzwerk, ohne gleichzeitig die Kautschukphase (siehe Seite 327) in dem gleichen Maße zu schwächen.

Demgegenüber bereitet die Arbeit mit einem Innenmischer einige Schwierigkeiten, die, zumal in der ersten Zeit der Einführung solcher Maschinen, den Betriebsleitern viel Mühe verursacht haben.

Eine davon ist die schon erwähnte verhältnismäßig hohe Temperatur, die die Masse darin erreicht (z. B. bis zu 115° C im Falle einer Lauf-



flächenmischung).<sup>263</sup> Eine weitere Mühe ist die relative Schwierigkeit, gewisse feine Füllstoffe (wie z. B. Zinkweiß und Ruß) homogen in einem Mischer zu verteilen.

Die zweite Schwierigkeit der Verteilung ist meist durch die Abänderung der Reihenfolge, in der die Füllstoffe zugegeben werden, zu beheben. Es wurde festgestellt, daß das Zinkweiß zur vollständigen Dispersion einen steiferen Kautschuk erfordert als z. B. der Ruß. Es

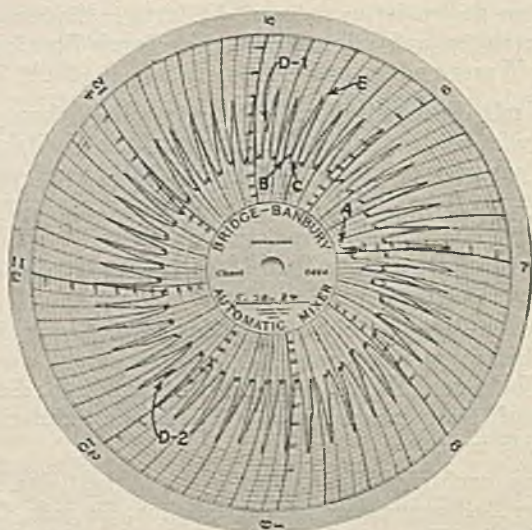


Abb. 217. Temperaturdiagramm eines Innenmischers  
Jeder Temperaturzyklus entspricht einem Mischungszyklus

B Einladen des mastizierten Kautschuks  
C Zugabe der Füllstoffe und des Beschleunigers  
D, Zugabe des Schwefels  
E Beginn der Entleerung  
Bei D, nahm, wie das Diagramm anzeigt, die Schwefelzugabe übermäßig viel Zeit in Anspruch

ist daher ratsam, erst das Zinkweiß und dann den Ruß zu dem mastizierten Kautschuk in dem Banbury zu geben.<sup>268</sup> Die Einmischung von Ruß, sowie großer Mengen Zinkweiß wird weiter unten ausführlicher besprochen.

Eine übermäßig hohe Temperatur der Gummimasse kann man hingegen erfolgreich durch eine Reihe von Maßnahmen bekämpfen:

- a) Durch Verwendung der wirksameren »Spritzkühlung« statt der Mantelkühlung.
- b) Durch Verwendung von Kautschuk, der bis zu einer höheren Plastizität mastiziert wurde, z. B. bis zum Plastizitätsgrad C (siehe S. 320).

<sup>268</sup> Es besteht ein gewisser Antagonismus zwischen Zinkweiß und Ruß in bezug auf die Verteilung (vgl. loc. cit. Fußnote <sup>259</sup>).

- c) Durch den Zusatz einer genügenden Menge von Erweichungsmitteln zu der Mischung.
- d) Häufig wird auch die Praxis geübt, kurz vor Entleerung des Banburys (etwa  $1\frac{1}{2}$  Minuten vor Beendigung des Mischvorganges) je 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Liter Wasser auf je 100 kg Kautschuk in den Banbury zu gießen. Durch die verbrauchte Verdampfungswärme gelingt es, die Temperatur um 5 bis  $10^{\circ}$  C zu erniedrigen.

Manchmal erweist es sich als zweckmäßig: <sup>267</sup>

- e) Die Batchgröße zu vermindern.
- f) Eine kurze Ruhepause zwischen je zwei Mischungszyklen einzuschalten, während der der Mischer mit geöffneter Tür leerläuft, und
- g) Die Drehzahl der Schaufeln herabzusetzen.

Prinzipiell ist es möglich, den Schwefel gleichfalls in dem Innenmischer zuzugeben, was dann (vgl. die Abb. 217) kurz vor Beendigung der Prozedur erfolgt. Dies wird auch z. B. in einer Reihe von Fabriken gemacht. Da aber die Benutzung eines Walzwerks zum Auswalzen der Mischung zu Platten bei der Arbeit mit Innenmischern sowieso erforderlich ist, ist es zweckmäßiger, die Schwefelzugabe erst auf diesem Walzwerk vorzunehmen.

**Die Einverleibung von Zinkweiß in dem Mischer:** Beträchtliche Mühe ist in den letzten Jahren darauf verwandt worden, Zinkweiß-Mischungen oder Zinkweiß-batche in Innenmischern herzustellen, was sich als viel schwieriger erwies als die Einmischung des Zinkweiß auf dem Walzwerk. Namentlich hat es Schwierigkeiten bereitet, die feinen Zinkweißsorten (wie z. B. den Kadox, der eine Teilchengröße von nur  $0,12 \mu$  hat) gleichmäßig in einem Banbury zu verteilen. Da neben der Teilchengröße auch die Oberflächenbeschaffenheit der Füllstoffteilchen bei der Einmischung eine Rolle spielt, hat man versucht, die Oberfläche des Zinkpigments mit Substanzen zu bedecken, die leichter von dem Kautschuk benetzt werden (z. B. mit Stearinsäure in einer Konzentration von 0,35% auf den Füllstoff). Der Erfolg solcher Maßnahmen blieb jedoch hinter der Erwartung zurück.

Von Wichtigkeit ist dagegen der Herstellungsprozeß des Zinkweiß. Das saure, im amerikanischen Prozeß gewonnene Pigment mischt sich bereitwilliger ein, als das aus dem französischen Prozeß stammende reinere Ingrediens.

Die Erfahrung hat weiterhin gelehrt, daß für die gleichmäßige Verteilung des Zinkweiß es notwendig ist, gewisse Bedingungen bei seiner Einmischung einzuhalten; zumal, wenn es sich um die Herstellung konzentrierter Zinkweiß-dispersionen handelt.

Das Zinkweiß selbst muß möglichst niedrigen Feuchtigkeitsgehalt haben und mindestens auf Zimmertemperatur gebracht sein. Wesentlich für die gute Verteilung ist, daß die Masse steif ist. Um dies letzte zu erreichen, kann man verschiedene Wege einschlagen. Ursprünglich ging man soweit, daß man fast unmastizierten Kautschuk mit Zinkweiß zusammenbrachte, indem man bereits eine Minute nachdem man den Gummi in den Mischer gegeben hatte, mit der Zugabe des Zinkweiß begann. In diesem Sinne erklärt sich auch, daß steife Gummisorten bessere Zinkweiß-Dispersionen liefern als die weichen (z. B. Sprayed Rubber bessere als smoked Sheet und diese wieder bessere als gleich lange mastizierte Crepe).

Spätere Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß es nicht so sehr darauf ankommt, den Gummi in der Periode der Einverleibung des Füllstoffs steif zu

<sup>267</sup> F. H. Banbury, I.R.J. 79 (1930) S. 125



haben<sup>268a</sup>, als in der danach folgenden Periode der Homogenisierung. Die besten Ergebnisse erzielt man, wenn man von einem Rohgummi mittlerer Plastizität ausgeht und die Temperatur der Masse gegen Ende des Mischungszyklus, wenn der Füllstoff schon aufgenommen worden ist, durch scharfes Kühlen oder durch Einspritzen von Wasser so niedrig wie nur möglich hält.

Erweichungsmittel üben keinen günstigen Einfluß auf die Dispersion des Zinkweißes aus. Ihre Zugabe hat daher erst zu erfolgen, nachdem das Zinkweiß eingemischt worden ist. Wenn das Zinkweiß direkt, also nicht auf dem Umwege über einen Master-batch, in die Mischung einverleibt wird, ist es zu empfehlen, es vor den anderen Füllstoffen, zumal vor dem Ruß und der Kreide zuzusetzen.

Die Zugabe des Zinkweiß hat sukzessive zu erfolgen, wobei man dem Gummi jeweils Zeit gibt, die bereits zugesetzte Menge aufzunehmen. Folgender Arbeitsplan wird von der New Jersey Zinc Co., New York, z. B. für die Herstellung eines Master-batches aus 650 lbs. Zinkweiß und 162 lbs. Gummi (gebroschenen Kautschuk) in einem Banbury-Mixer der Größe 11 empfohlen:

Operation	Zeit seit Beginn des Arbeitszyklus, Min.	Angezeigte Temperatur, °F.
Gummi einladen	0	150
200 lbs. Zinkweiß dazugeben	3	135
150 lbs. Zinkweiß dazugeben	4½	120
100 lbs. Zinkweiß dazugeben	6½	130
100 lbs. Zinkweiß dazugeben	8	135
50 lbs. Zinkweiß dazugeben	9	150
50 lbs. Zinkweiß dazugeben	10	155
4 Liter Wasser dazugeben	11	175
Entladung	12	200

Nach jeder Zugabe Preßstempel (Ram) herunterlassen.

Interessante Laboratoriumsversuche über die Einmischung von Zinkweiß verschiedener Arten in einem Innenmischer, die zwar nicht ohne weiteres auf die Betriebspraxis übertragen werden können, haben kürzlich Matthews und Haslam<sup>269</sup> mitgeteilt.

Auch bei der **Einverleibung von Ruß im Mischer** spielt die Plastizität des Gummis im Augenblick der Zugabe des Füllstoffs und die Größe der in der Masse entwickelten Scherkräfte eine wichtige Rolle.

Ist der Gummi kalt, so gleitet er längs der Rotoren des Mixers; er wird deformiert, ohne daß jedoch immer neue Kautschukmassen mit dem Füllstoff in Berührung kommen. Es kommt hinzu, daß durch den hohen Druck eine dichte, nur schwer verteilbare Packung des Rußes entstehen kann.

Steigt hingegen die Temperatur zu hoch, so wird die innere Reibung im Kautschuk zu niedrig, und es findet keine Dispersion der Agglomerationen statt.

In Übereinstimmung mit dieser Überlegung stellten F. K. Schoenfeld und R. P. Allen<sup>270</sup> bei Laboratoriumsversuchen fest, daß eine gute (nach der Nomenklatur dieser Verfasser: 95prozentige) Dispersion von Kanalprozeß-Gasruß am schnellsten bei einer mittleren Temperatur der Masse (110° C) erreicht werden konnte. — Bei 90° und 75° C konnte zwar schließlich der gleiche Grad von Dispersion erzielt werden, doch dauerte dies wesentlich länger. In dem Maße, wie die Temperatur im Inneren des Mixers über 110° C gesteigert wurde, wurde die schließlich erreichbare Dispersion immer schlechter und betrug bei 155° C (nach der Bezeichnungsweise der Verf.) nur noch 73%.

<sup>268a</sup> Das führt nämlich nur dazu, daß der Gummi an den Rotoren abrutscht, ohne daß eine intensive Durchknetung stattfindet.

<sup>269</sup> RA., N. Y., 32 (1932) S. 206

<sup>270</sup> Ind. Engng. Chem. 25 (1933) S. 994 u. 1102. Bemerkenswert ist der Befund dieser Autoren, daß durch Verwendung von Erweichungsmitteln die »günstigste« Temperatur für die Einmischung von Ruß heraufgesetzt wird.

### 3. Die Kontrolle des Walzvorganges

Entsprechend der Schlüsselstellung, die das Walzwerk im Betriebe einnimmt, ist die Kontrolle seiner Arbeit und seiner Erzeugnisse von erster Wichtigkeit. Fehler bei der Herstellung der Mischung können die schwerwiegendsten Folgen nach sich ziehen.

Die Fehler, die im Walzwerk vorkommen können, sind im Grunde die folgenden:

- a) Fehler beim Abwiegen oder Verluste von Chemikalien durch unvorsamen Transport der Mischkästen. Dies kann besonders empfindlich werden, wenn es sich um Schwefel oder den Beschleuniger handelt.
- b) Verwechslung der gemischten Batche.
- c) Ungleichmäßige Plastizität infolge unrichtiger Mastikation oder Mischung.

Der erste Schritt zur Bekämpfung dieser Fehler ist selbstverständlich eine straffe Arbeitsorganisation.

Als Regel muß eingeführt werden, daß jeder Mischkasten vor dem Verlassen der Wiegekammer auf sein Gesamtgewicht geprüft wird. Abweichungen vom Sollgewicht dürfen nur in ganz engen Grenzen zugelassen werden.

Schwefel und Beschleuniger sind in besonderen Papiertüten abzuwiegen. Es ist die Verwendung von Beschleuniger-Vormischungen vorzuziehen, da hierdurch Wägefehler und Verluste sehr eingeschränkt werden.

Es ist auf jeden Fall notwendig, Arbeitsprogramme auszuarbeiten, die den Walzer über den Gang der Plastikation und der Einmischung orientieren.

Ferner ist für einwandfreie Kühlverhältnisse Sorge zu tragen.

Bereits solche organisatorische Maßnahmen werden nicht verfehlen, sich günstig auf die Verringerung des Ausschusses auszuwirken.

Das Beispiel amerikanischer Fabriken hat jedoch gezeigt, daß, wie sorgfältig auch die Arbeit im Walzwerk und in der Mischkammer organisiert sein mag, es nicht möglich ist, einen guten Teil des Ausschusses ohne eine Laboratoriumsprüfung der Erzeugnisse des Walzwerks zu vermeiden. Diese Kontrolle wird in den Vereinigten Staaten meist in einzelnen kleinen Testlaboratorien durchgeführt, die dem Walzwerk angegliedert sind. Gerade hier empfindet man lebhaft das Fehlen kautschuktechnologischer Schnellmethoden. Die Betriebspraxis fordert eine schnelle Prüfung, um, wenn sich Fehler herausstellen, sofort Abhilfe schaffen zu können.

Im folgenden soll daher die Kontrollweise beschrieben werden, wie sie in einer Reihe großer amerikanischer Fabriken Anwendung gefunden hat.<sup>271</sup> Mit einigen Abänderungen ist das System auch für mittlere Betriebe brauchbar.

<sup>271</sup> Vgl. hierzu: R. M. Warner, I.R.W. 77 (1928) Nr. 1, S. 5, Farberow (loc. cit.) Fußnote 242, sowie I. E. McCarty u. E. Cousins, I. R. W. 86 (1932) p. 47



Von jedem Batch wird, wenn er von dem Walzwerk oder dem Plattenwalzwerk des Innenmischers kommt, eine Probe genommen, auf der die Nummer der Maschine und nach einem Code die Art des Batches vermerkt wird. Die Proben gelangen ins Laboratorium, wo sie den folgenden Prüfungen unterzogen werden:

1. Plastizitätsbestimmung,
2. Prüfung der Vulkanisation,
3. der Härte,
4. des Ring-Modulus,
5. des spezifischen Gewichtes und
6. der Farbe.

Die Prüfung Nr. 1 wird an der rohen Mischung, alle anderen Bestimmungen an einer vulkanisierten, ringförmigen Probe ausgeführt.

1. Die Plastizitätsbestimmung geschieht in der auf Seite 305 genau beschriebenen Weise in dem Williamsplastimeter oder einem ähnlichen Gerät. Abweichungen von der Sollplastizität werden nur in Gren-

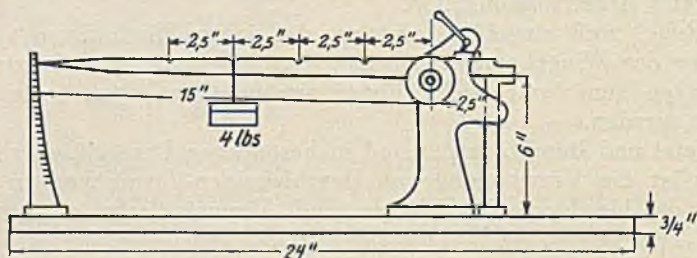


Abb. 218. Apparat zur Schnellbestimmung des Ring-Moduls

zen von 3% zugelassen. Die Batche, die sich als zu steif erweisen, werden einer zusätzlichen mechanischen Bearbeitung auf dem Walzwerk unterworfen. Zu plastische werden angehalten und im folgenden unter andere verteilt. Häufig wird nicht nur die fertige Mischung, sondern auch das Plastik dieser Kontrolle unterzogen.

2. Die Muster, von denen jeder einen Batch repräsentiert, werden in Ringform vulkanisiert. Die Dimension der Ringe kann z. B. sein: 38 mm äußerer Durchmesser, 12,7 mm innerer Durchmesser und 6,3 mm Stärke. Die Vulkanisierform hat vorteilhafterweise zahlreiche Kaliber mit eingeschlagenen Nummern, und gestattet 32 bis 64 Ringe auf einmal zu vulkanisieren. Die Vulkanisationsbedingungen werden möglichst nahe den Bedingungen der Praxis angepaßt. Nach der Vulkanisation werden die Proben mit Wasser abgekühlt.

3. Die Härte wird mit dem Durometer von Shore oder einem ähnlichen Gerät bestimmt (vgl. Abschnitt »Mechanische Kautschukprüfung«).

4. Als Schnellmethode zur Bestimmung der Steifheit bedient man sich der Ring-Modul-Probe. Sie besteht im Prinzip in der Messung der Ausdehnung eines Ringes bestimmter Abmessungen unter gegebener Belastung. Zu seiner Messung dient der sehr einfache, in Abb. 218 gezeigte Apparat.

Der Apparat besteht aus einem arretierbaren ungleicharmigen Hebel. Auf seinem längeren Arm trägt der Hebel vier Einkerbungen, in die ein Gewicht

von 4, 8, 12 oder 16 Pfund eingehängt werden kann. Dieser Hebelarm läuft in einen Zeiger aus, der über eine Skala spielt.

Der kurze Arm endet in einem Stutzen von halbkreisförmigem Querschnitt, der dann, wenn der Hebel sich im Gleichgewicht befindet, einem zweiten halbkreisförmigen und mit der Unterlage fest verbundenen Stutzen aufliegt. Beide Stutzen ergänzen sich zu einem Kreisquerschnitt, der genau dem inneren Durchmesser der Probe entspricht.

Bei der Prüfung wird die Ringprobe über den Stutzen an dem kürzeren Hebelarm gestülpt, der Hebel entarretiert und das Gewicht in eine der vier Einkerbungen eingehängt. Belastung und Kerbe sind so zu wählen, daß der Zeiger etwa auf die Mitte der nach  $\frac{1}{10}$ " geteilten Skala einspielt.

Durch Vorversuche ist der Ring-Modul für die Standardmischung zu ermitteln. Abweichungen sind nur um  $\pm 2$  Skalenteile zulässig.

5. Das spezifische Gewicht wird sehr schnell nach der Schwebemethode bestimmt. Hierzu werden in dem Laboratorium Standardlösungen von Chlorzink in Wasser gehalten, die sich jeweils um 0,02 in ihrem spezifischen Gewicht unterscheiden. Soll eine Mischung ein spezifisches Gewicht von 1,12 haben, so muß eine aus dem vulkanisierten Ring geschnittene Probe in der Standardlösung 1,10 untergehen und auf der Standardlösung 1,14 schwimmen. Die Standardlösungen sind häufig zu kontrollieren.

6. Die Farbe der Mischung wird durch Vergleich mit dem im Laboratorium aufbewahrten Standardmuster geprüft. Die Fläche der vulkanisierten Probe wird hierzu etwas angeraut.

Obwohl die aufgeführten Proben schon ein recht eindeutiges Bild davon geben, ob ein Batch vom Standard abweicht oder nicht, sind sie doch sehr einfach und schnell auszuführen. So gibt Farberow (loc. cit.) an, daß die Prüfung von 60 Batchen auf ihre Härte, ihren Ring-Modul und ihr spezifisches Gewicht, nur etwa 10 Minuten Arbeit erfordert und keine hohe Qualifikation voraussetzt.





# KAUTSCHUKREGENERATION

## DIE WIEDERVERWENDUNG DER KAUTSCHUKABFÄLLE UND KAUTSCHUKALTSTOFFE

VON DR. PAUL ALEXANDER, BERLIN-CHARLOTTENBURG

Das Wort »Kautschukabfall« wird meist gleichbedeutend mit »Kautschukaltstoff« angewendet. Es schließt aber den in den Kautschukwarenfabriken entstehenden Anfall an Resten und Abschnitten ein, die zum Unterschied von den alten unverwendbar gewordenen Kautschukwaren »Fabrikationsabfälle« genannt werden. Entsprechend der Mannigfaltigkeit der Kautschukwaren sind Kautschukaltstoffe sowohl wie Fabrikationsabfälle so verschiedenartig, daß auch die Aufgabe, diese Stoffe wieder nutzbar zu machen, nicht von einheitlichen Gesichtspunkten aus zu lösen ist.

### 1. Fabrikationsabfälle

Bei den Fabrikationsabfällen ist zu unterscheiden zwischen dem Anfall, der vor der Vulkanisation bzw. vor dem Heizen der geformten Rohware entsteht und den Rückständen, die bei der Überführung des fertigen Vulkanisats in die marktfähige Ware sich ergeben. Sowohl bei der Herstellung von Weichkautschukwaren, wie bei der Hartkautschukerzeugung fallen Rückstände beider Art an.

#### a) Unvulkanisierte Abfälle

entstehen beim Formen der Rohware aus der Mischung. Handelt es sich um Gegenstände, die nur aus Kautschukmasse bestehen, also weder Gewebe noch sonstige mit der Kautschukmasse fest verbundene Einlagen enthalten, so besteht in bezug auf Zusammensetzung und physikalischen Zustand noch keinerlei Unterschied zwischen dem geformten Stück und der Rohmischung. Die Abschnitte, Austriebe und Rückstände, die beim Aufbau der Weich- und Hartkautschukwaren aus unvulkanisierten Platten sowie bei der Herstellung von Formstücken durch Pressen oder Spritzen vor der Vulkanisation entstehen, können deshalb zusammengewalzt oder erneut auf dem Kalander zu Platten ausgezogen werden und als Rohmischung in den Fabrikationsgang zurückkehren.

Bei schnell vulkanisierenden Mischungen kommt es vor, daß entweder schon die bei der Formung eintretende Erwärmung oder die Reibungswärme beim Zusammenwalzen der Reste ein Anvulkanisieren bewirkt. So veränderte oder auch beim Lagern anvulkanisierte Mischungen sind als Rohmischung nicht mehr verwendbar und wie vulkanisierte Abfälle zu behandeln.

Die Menge der als Rohmischung unmittelbar wieder verwendbaren Rückstände ist verhältnismäßig gering, verglichen mit dem Anfall an unvulkanisierten Abfällen mit Einlage. Etwa ein Fünftel des gesamten verarbeiteten Kautschuks wird auf Stoffbahnen aufgestrichen, die den mannigfachsten Zwecken dienen, mengenmäßig in besonders



großem Maßstab bei der Herstellung von Kraftwagen- und Fahrradbereifungen für den Aufbau der Stoffgerippe. Auch bei der Herstellung von Schläuchen mit Einlage, im besonderen von Eisenbahn-, Garten-, Brauerei-, Feuerwehrschräuchen, bei der Herstellung von Gummimänteln, Gummischuhen und sonstigen wasserdichten Bekleidungsstücken, für Bettstoffe und vieles andere finden mit Kautschuk beschichtete Stoffbahnen Verwendung. Bei der Reifenerzeugung ist der Anfall an Abschnitten von mit Kautschuk beschichteten, noch unvulkanisierten Stoffen so groß, daß diese unter der Bezeichnung »unvulkanisiertes Autoleinen« eine besondere Handelsware bilden. Diese Handelsbezeichnung ist insofern unsachgemäß, als die Einlagestoffe kein Leinen sind, sondern zu meist aus reiner Baumwolle bestehen.

Bei hohem Stand der Rohkautschukpreise wird aus unvulkanisiertem Autoleinen die Kautschukmasse durch Herauslösen wiedergewonnen. Eine zweckmäßige Verwendung ist beispielsweise die Überführung in wasserdichte Wandbekleidungen. Diese Abfälle kommen als große, unregelmäßig geformte Klumpen in den Handel. Sie werden in heißem Wasser erweicht, in kleinere Stücke zerlegt und dann auf dem Kalander in 1 bis 1½ mm starke Bahnen ausgezogen. Diese Bahnen sind ohne weitere Behandlung verwendungsfähig. Die unvulkanisierte, mit Schwefel und Beschleuniger versetzte Kautschukmasse wird durch die Reibungswärme beim Kalandrieren des zähen Kautschuk-Gewebe gemisches ausreichend vulkanisiert. Beim Ausziehen auf dem Kalander lagern sich die Bestandteile des Altstoffs, Kautschukmasse und Gewebe, in einer Weise aneinander, daß die Bahnen eine eigenartig und edel wirkende Oberfläche erhalten.

#### b) Vulkanisierte Fabrikationsabfälle

Bei der Herstellung von Kautschukwaren durch Vulkanisation in Formen entstehen dadurch Fabrikationsabfälle, daß durch den hohen Druck (150 bis 200 Atmosphären) Anteile der Mischung aus den Formen herausgepreßt werden und außerhalb oder an den Stoßstellen der Formen vulkanisieren. In größeren Mengen als diese sogenannten »Austriebe«, ergeben sich bei der Formung von Fertigwaren durch Ausstanzen aus vulkanisierter Platte sowie bei der Verarbeitung gummierter Stoffe vulkanisierte Fabrikationsabfälle. Abfälle solcher Art sowie durch Fehl vulkanisation marktunfähig gewordene Waren können nur in der gleichen Weise wie Altstoffe verarbeitet und nutzbar gemacht werden.

#### c) Hartkautschukabfälle

Für die Hartkautschukerzeugung sind die anfallenden Abschnitte, Späne und sonstige Abfälle, von besonderer Bedeutung. Hartkautschukwaren werden vorwiegend in Formen hergestellt. Auch die Zinnfolien, mit denen die Rohmischung umpreßt wird, um Platten, Kämme und ähnliche Hartkautschukwaren zu erzeugen, sind eine Art Form.

Die für das Einpressen in Formen zu verwendende Rohmischung darf nur wenig druckelastisch sein. Bei der Herstellung von Weichkautschukwaren setzen die meist in erheblicher Menge in der Rohmischung enthaltenen mineralischen Füllstoffe die Druckelastizität herab. Die hoch-

wertigen Hartkautschukwaren aber, um die es sich meist handelt, müssen aus mineralstofffreien Rohmischungen hergestellt werden. Solche Mischungen macht man, wie der technische Ausdruck lautet, dadurch ausreichend »tot«, daß erhebliche Mengen von feinstem Hartkautschukstaub der Rohmischung zugesetzt werden. Im Gegensatz zum Weichkautschuk, der nur in ein, je nach dem Vulkanisationsgrad mehr oder weniger grobes Pulver von Hirsekorngroße übergeführt werden kann (Gummigras, Gummimehl), läßt sich Hartkautschuk zu Pulver von äußerster Feinheit vermahlen. Das grobe Vorzerkleinern des Hartkautschukbruchs wird auf Mahlwalzen oder in Kreuzschlagmühlen ausgeführt. Zum Feinmahlen benutzt man sogenannte »Kolloidmühlen« und Windsichter.

Hartkautschukstaub läßt sich nur schwer mit ausreichender Sicherheit auf seine Güte, besonders aber auf die Abwesenheit mechanischer Verunreinigungen prüfen. Die Hartkautschukerzeuger stellen deshalb den erforderlichen Staub meist im eigenen Betrieb her und benutzen hierzu die schon beim Anfall sorgfältig vor Verunreinigung geschützten, beim Schneiden der Platten sowie bei der Nachbearbeitung der Formstücke sich ergebenden Abfälle. Da die aus solchen Abfällen gewinnbare Staubmenge den Bedarf meist nicht zu decken vermag, wird zur Überführung in Staub Hartkautschuk bestimmter Art besonders hergestellt. Als Ausgangsstoff für solchen Hartkautschuk verwendet man statt Rohkautschuk häufig auch hochwertige Weichkautschukaltstoffe, beispielsweise »schwimmende« Automobilluftschläuche.

## 2. Kautschukaltstoffe

Weit bedeutungsvoller als die Fabrikationsabfälle sind für die Kautschukwirtschaft die **K a u t s c h u k a l t s t o f f e**, also Kautschukwaren, die durch Abnutzung als solche unverwendbar geworden sind. Ein beträchtlicher Anteil aller Kautschukwaren verschwindet völlig nach dem Gebrauch, weil sie aus Einzelstücken von so geringer Größe und so geringem Gewicht bestehen, daß sie durch die Sammeltätigkeit nicht erfaßt werden können. Aber auch bei großstückigen Kautschukwaren ist der Verlust durch Abnutzung nicht unerheblich. Soweit aber die Kautschukmasse der Neuware im Altkautschuk noch enthalten ist, hat sie durch den Gebrauch stoffliche Veränderungen meist nicht erfahren.

Bei dieser Sachlage hängt es in sehr weitgehendem Maße von der Lage des Rohkautschuk-Weltmarktes ab, welche Kautschukerzeugnisse nach erschöpfendem Gebrauch als Kautschukaltstoff wieder auf dem Markte erscheinen, um in Kautschukregenerat übergeführt und als solches bei der Neuerzeugung von Kautschukwaren oder auch in anderer Weise nutzbar gemacht zu werden.

Der Altkautschukhandel unterscheidet die folgenden Abfallsorten, die meist aus Altstoffen bestehen, aber auch Fehlprodukte und andere Fabrikationsabfälle einschließen.

### a) Weichkautschukabfälle

Automobildecken, sogenannte glatte Decken, auch aufgeteilt in Klassen (Stoffgerippe), Protekteure (Laufflächen), Wulste,



Automobilluftschläuche, rote, graue, schwimmende, halbschwimmende, angehärtete, Flicken und Ventilstücke,  
 Bälle, rote, graue, lackierte,  
 Dunkle Abfälle mit Einlage,  
 Dunkle Abfälle ohne Einlage,

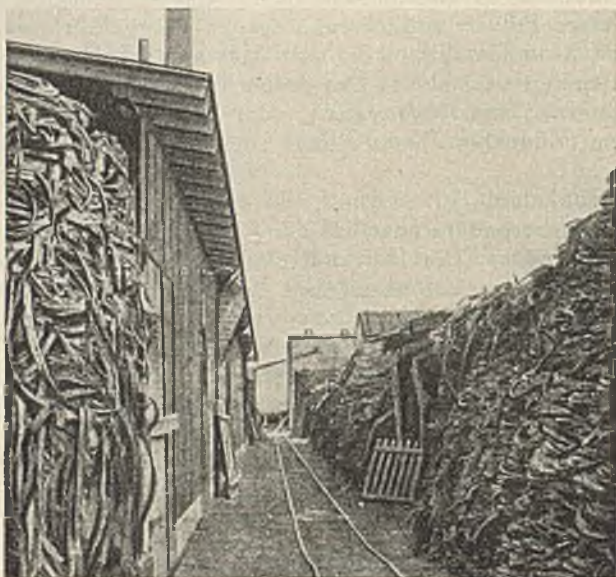


Abb. 219. Altkautschuk-Freilager

Eisenbahnschläuche, Brems- und Heizschläuche,  
 Fahrraddecken,  
 Fahrradluftschläuche,  
 Flaschenscheiben,  
 Gummischuhe,  
 Heizschläuche, hell, dunkel,  
 Konservenringe,  
 Patentgummi,  
 Präservativabfälle,  
 Schläuche mit und ohne Einlage,  
 Vollreifen (Lastkraftwagenreifen, Equipagenreifen) u. a.

Wie groß die Mengen Altkautschuk sind, die für die Regeneraterzeugung verfügbar gemacht werden können, ist aus der Abb. 219 zu ersehen. Die 4 bis 5 m hohen Stapel der nach Länge und Breite sehr ausgedehnten Freilager setzen sich aus Hunderttausenden abgefahrener Fahrraddecken zusammen.

#### b) Hartkautschukabfälle

Hartkautschukabfälle werden nach dem spezifischen Gewicht in verschiedene Sorten unterteilt. Hochwertiger Hartkautschukbruch muß mineralstoffarm sein. Sein spezifisches Gewicht pflegt zwischen 1,1 und

1,2 zu liegen. Geringwertige Hartkautschukabfälle bestehen meist aus Bruch von Akkumulatorenkästen.

### 3. Altkautschukmarkt

Solange der hohe Stand der Rohkautschukpreise sich auch in einer entsprechenden Bewertung der Altstoffe auswirkte, stützte sich der Altkautschukhandel auf eine weitverzweigte Organisation. Der kleine Abfallhändler, der mit Hand- oder Hundewagen von Haus zu Haus zog und alle Arten von Abfällen in kleinen Mengen aufkaufte, fand für den übernommenen Altkautschuk Abnahme bei einem Händler, der zwar den Altkautschukhandel schon als Sonderzweig betrieb, aber noch in verhältnismäßig kleinem Umfang. Die erste Hand unterschied die verschiedenen Altkautschuksorten nicht. Wahllos übergab sie den aus allen Arten anfallender Kautschukaltstoffe zusammengesetzten »Sammelgummi« dem Zwischenhändler, sobald der in einer Ecke des Altstoffkellers lagernde Haufen eine ausreichende Größe erlangt hatte. Erst der Zwischenhändler ließ diesen Sammelgummi in die verschiedenen Altkautschuksorten scheiden und fand für kleinere Mengen der leicht verarbeitbaren, einlagefreien Sorten, wie Luftschläuche, Patentgummi, Flaschenscheiben u. ä., Abnahme bei den Erzeugern von Kautschukfertigwaren, die in der Lage waren, mit ihren für die Kautschukwarenerzeugung erforderlichen Anlagen solche Altstoffe entweder zu mahlen und als Füllstoff zu benutzen oder sie auch durch Plastizierung für höherwertige Mischungen nutzbar zu machen. Die Stoffeinlagen enthaltenden Altkautschuksorten aber, die eigentlichen Ausgangsstoffe für die industrielle Herstellung von Kautschukregeneraten, wurden vom Zwischenhändler meist noch einem Großhändler zugeführt, der sie, zu großen Posten vereinigt, an die Regenerierwerke lieferte.

Einen Einblick in den Umfang, den im Verlauf des letztvergangenen Jahrzehnts der Altkautschukhandel angenommen hat, gewährt die folgende Zusammenstellung, die einem von Harry W. Newman verfaßten, im Jahre 1931 in Nr. 24 der »Commerce Reports«, dem Amtsblatt des amerikanischen Handelsministeriums, veröffentlichten Bericht entnommen ist.

T a f e l I

#### Weltausfuhr von Abfall- und Altgummi (engl. Pfund)

Land	1925	1926	1927	1928	1929
Ver. Staaten	30 951 479	29 842 702	31 332 132	45 327 468	56 310 366
England	18 298 300	19 220 600	21 410 200	27 490 400	27 551 100
Deutschland	2 128 844	7 254 025	4 956 355	6 991 200	11 544 900
Niederlande	2 911 962	3 716 588	4 842 446	7 676 532	7 250 040
Kanada	12 588 300	13 068 300	12 623 500	14 793 200	16 203 400
Frankreich	?	?	?	?	11 374 052
Finnland	128 619	238 841	154 666	128 200	?
Schweden	1 190 275	589 052	1 002 772	1 388 760	952 273
Südafrika	5 964 685	1 158 422	13 665	5 800	?
Estland	12 878	95 700	—	?	?
Neuseeland	83 100	—	—	—	—
Polen	—	119 700	23 800	6 600	?
Spanien	—	—	41 700	1 800	?



#### 4. Unmittelbare Verwendung von Kautschukaltstoffen

Aus einlagefreien, kautschukreichen Altstoffen werden vielfach unmittelbar, also ohne jeden Zusatz von Rohkautschuk oder anderen Stoffen, marktfähige Fertigwaren gewonnen. An erster Stelle der für solche Zwecke in Betracht kommenden Altstoffe stehen die Automobilluftschläuche und unter diesen wiederum die rotgefärbten, die bei weitem den Hauptanteil des Anfalls an alten Autoluftschläuchen bilden. Aus geeigneten Abschnitten solcher Schläuche, die eine ziemlich gleichmäßige Wandstärke von  $1\frac{1}{2}$  bis 2 mm besitzen, werden Flaschenscheiben, Dichtungsringe, Strumpfhalter, Hosenträger und andere kleinstückige Kautschukwaren, in neuester Zeit auch billige Spielbälle, unmittelbar durch Ausstanzen entsprechender Plattenabschnitte hergestellt.

Aus alten Autoluftschläuchen können Kautschukfertigwaren ohne jeden weiteren Zusatz auch in der folgenden Weise hergestellt werden. Sie werden möglichst fein gemahlen, mit einer kleinen Menge Schwefel versetzt und unter starkem Druck in Formen gepreßt, in denen sie einige Zeilang auf  $140^{\circ}$  bis  $150^{\circ}$  erhitzt werden. Besonders in Spanien werden große Mengen roter Autoluftschläuche, die in Stücke zerschnitten, aus Amerika oder europäischen Ländern eingeführt werden, in solcher Weise zu Sohlen tennisschuhartiger Fußbekleidungen verarbeitet.

Diese Arbeitsweise entspricht einem von dem Engländer Care angegebenen Verfahren zur Herstellung von Fertigwaren aus gemahlener Kautschukabfällen. Diese Verarbeitungsweise, der in der Zeit um 1910 größere Bedeutung beigemessen wurde, führt aber nur bei kautschukreichen, verhältnismäßig schwach vulkanisierten Altstoffen, wie es Autoluftschläuche sind, zu brauchbaren Erzeugnissen. Sie kann darum einen mäßigen Umfang nicht überschreiten.

Für die unmittelbare Überführung in wiederverwendbare Fertigware kommen Einlagen enthaltende Altstoffe im allgemeinen nicht in Betracht. Geeignete Ausschnitte der Autolaufldecken werden zuweilen für Besohlzwecke benutzt. Obwohl solche Sohlen nahezu unbegrenzt haltbar sind, bedingen es Form und Aussehen, daß ihr Anwendungsgebiet auf geringstwertige Fußbekleidungen beschränkt bleibt, wie es beispielsweise die Opanken der Balkanvölker sind.

In gewissem Umfang machen auch andere Industriezweige als die Kautschukindustrie Kautschukaltstoffe ihren Zwecken nutzbar. Hier sei besonders auf die gute Eignung gemahlener Luftschläuche als Polsterungsmittel hingewiesen. Die Vielseitigkeit der Verwendungsmöglichkeiten kennzeichnet ein zur Zeit der Abfassung dieses Aufsatzes in den Tageszeitungen erschienener Bericht über das Flugzeugschiff »Westfalen«, dessen Landevogel aus »alten Gummipneus von Autos« hergestellt worden sein soll.

#### 5. Die Regeneration des Kautschuks

##### a) Allgemeines

Die Bedeutung der Kautschukaltstoffe für die im vorstehenden erörterten Verwendungszwecke tritt weit zurück gegen ihre Bedeutung als

Ausgangsstoff für die Herstellung von Kautschukregeneraten. Nur diese Verwendungsart hat weltwirtschaftliche Bedeutung. Das Bestreben, die in abgenutzten Kautschukwaren enthaltene Kautschukmasse für die Neuherstellung von Fertigerzeugnissen nutzbar zu machen, ist so alt, wie die Kautschukindustrie selbst. Schon der Amerikaner Godd-year, dessen erfolgreiche Versuche, aus Rohkautschuk hergestellte Schuhe durch Behandlung mit Schwefel widerstandsfähig zu machen, zur Grundlage für die Entwicklung der Kautschukindustrie geworden sind, ließ sich im Jahre 1855 in England ein Verfahren patentieren, Abfälle von vulkanisiertem Kautschuk wiederverwendbar zu machen. Seitdem werden von fast jedem mit der Herstellung von Kautschukwaren sich befassenden Unternehmen Kautschukabfälle in gewissem Umfang, sei es durch mechanische Bearbeitung auf den Mischwalzen, sei es durch Erwärmen mit Erweichungsmitteln, plastisch gemacht und als Zusatzstoff zu den Kautschukmischungen benutzt.

Eine an den Regeneratfachmann häufig gestellte Frage besteht darin, ob Regenerat für sich allein verarbeitet werden könne und den Rohkautschuk völlig zu ersetzen vermöge. Diese Fragestellung ist unrichtig und praktisch bedeutungslos, weil auch im allergünstigsten Falle nur ein Teil des Kautschukbedarfs durch Regenerat gedeckt, der Rohkautschukverbrauch also wohl bis zu einem gewissen Grade eingeschränkt, niemals aber völlig ausgeschaltet werden kann. Der Kautschukanteil der Regenerate ist vollwertiger Kautschuk. Er hat aber andere Eigenschaften als der Rohkautschuk und kann auch nicht in völlig gleicher Weise verarbeitet werden. Zwar gibt es Kautschukfertigwaren, die sogar ohne jeden Zusatz von Rohkautschuk aus geeigneten Regeneraten hergestellt werden können und dabei gleichwertige oder sogar höherwertige Erzeugnisse ergeben, in den meisten Fällen aber und gerade bei solchen Erzeugnissen, die den Massenverbrauch an Kautschuk veranlassen, führt die gleichzeitige Verarbeitung von Rohkautschuk und Regenerat wirtschaftlich und technisch zu den besten Ergebnissen. Die Fragen, bei welchen Fertigwaren Regenerat zu verwenden ist, welcher Art das zu verarbeitende Regenerat sein muß und in welchem Verhältnis der Kautschukanteil einer Fertigware aus Frischkautschuk und Regeneratkautschuk sich zusammensetzen darf, sind in jedem Einzelfall anders zu beantworten, und nur der Kautschuktechniker ist befugt, sie zu entscheiden. Die Auffassung, Regenerate müßten schon deshalb minderwertig sein, weil Altkautschuk den Ausgangsstoff bildet, eine Auffassung, die in früheren Jahren vielfach Verarbeitungsverbote von Regenerat seitens behördlicher und sonstiger Großverbraucher veranlaßt hat, war technisch niemals begründet. Sie hat es nicht verhindern können, daß Regenerate am Weltverbrauch an Kautschuk in einem solchen Umfange beteiligt sind, wie ihn die Tafel III und das Kurvenbild auf Seite 352 veranschaulichen.

Zu einem besonderen Industriezweig von weltwirtschaftlicher Bedeutung konnte sich die Kautschukregeneration wie die Kautschukindustrie selbst erst von dem Zeitpunkt an entwickeln, wo ausreichend große Mengen von Rohkautschuk für die Erzeugung von Kautschukwaren zur



Verfügung standen, die ihrerseits nach Ablauf einer gewissen Zeit als Altkautschuk auf dem Markt erscheinen konnten. Betrug doch noch im Jahre 1865 nach den »Rapports du jury international de l'Exposition universelle 1877 à Paris« die Gesamtmenge des verarbeiteten Kautschuks nur 7223 Tonnen, also weniger als ein Hundertstel des Rohkautschukweltverbrauchs im Jahre 1930. Dennoch entwickelte sich in den Vereinigten Staaten von Amerika schon in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die Kautschukregeneration zu einem Industriezweig von beachtenswerter Bedeutung. Nach einem Bericht des Kautschukforschers Carl Otto Weber<sup>1</sup> stellte das damals bedeutendste amerikanische Regenerierwerk, die United States Rubber Reclaiming Co. in Buffalo, schon im Jahre 1903 9600 Tonnen Kautschukregenerat aus Gummischuhen her, was, da etwa 60 Hundertstel der Regeneratmasse als Kautschuk anzusprechen sind, einem Zehntel vom Weltverbrauch an Rohkautschuk im gleichen Jahre entsprach, der rund 58 000 Tonnen betragen hat.

In Deutschland, dem Lande, das in der Vorkriegszeit etwa ein Drittel des für den Weltverbrauch verfügbaren Rohkautschuks verarbeitet hatte, hielt sich bis zum Jahre 1914 der Regeneratverbrauch in engen Grenzen. Während des Krieges aber mußte die deutsche Kautschukwirtschaft sich vorwiegend auf die Regeneratverarbeitung stützen. Dessenungeachtet war es in der Folgezeit nicht Deutschland, sondern es waren wiederum die Vereinigten Staaten von Amerika, wo die Regeneratverarbeitung eine sehr beträchtliche Ausweitung erfuhr.

Hierzu trug vor allem das Eingreifen des Präsidenten, damaligen Handelsministers Hoover bei, der klar erkannte, daß die zielbewußte Förderung des Regeneratverbrauchs ein wirksames Mittel sein werde, um den maßgebenden Einfluß auf den Kautschukweltmarkt von England, dem Haupterzeuger von Rohkautschuk, auf den Hauptverbraucher, die Vereinigten Staaten von Amerika, überzuleiten.

## b) Weltverbrauch

Für den Weltverbrauch an Kautschukregeneraten gibt es keine zuverlässigen statistischen Unterlagen. Das amerikanische Handelsministerium veröffentlicht aber seit dem Jahre 1922 neben den Verbrauchszahlen für Rohkautschuk auch Verbrauchszahlen für Regenerat. Von diesem Zeitpunkte an kann deshalb wenigstens für den an erster Stelle stehenden Verbrauch Amerikas die Entwicklung des Regeneratverbrauchs im Verhältnis zum Rohkautschukverbrauch verfolgt werden.

In der folgenden Tafel II sind die amtlichen Verbrauchsziffern Amerikas für die Jahre 1922 bis 1930 zusammengestellt. Sie zeigen, daß während dieses Zeitraumes der Regeneratverbrauch Amerikas von rund 20 Teilen Regenerat auf 100 Teile Rohkautschuk im Jahre 1922 anstieg bis auf 51,2 Teile im Jahre 1928, also das Verhältnis 1 Regenerat : 2 Rohkautschuk überschritten hatte.

<sup>1</sup> Gummi-Ztg. 18 (1904) S. 443

Tafel II  
USA.-Verbrauch

Jahr	Rohkautschuk t	Regenerat t	Verarbeitungsverhältnis (Rohkautschuk = 100)
1922	283 270	54 460	19,2
1923	274 960	69 530	25,3
1924	301 780	76 070	25,2
1925	337 630	137 100	40,7
1926	366 000	164 500	45,0
1927	371 000	183 500	47,9
1928	442 000	226 304	51,2
1929	479 000	228 441	47,9
1930	440 000	172 000	39,0

Wenn für die übrige Welt genaue statistische Angaben über den Regeneratverbrauch auch nicht vorhanden sind, so darf doch als sicher angenommen werden, daß in den anderen Verbrauchsländern in den ersten Jahren dieses Zeitabschnittes auf 100 Teile Rohkautschuk 20 Teile Regenerat und etwa vom Jahre 1925 ab wenigstens 25 Teile verarbeitet wurden.

Errechnet man unter dieser Voraussetzung den Regeneratweltverbrauch, so ergeben sich die in der Tafel III aufgeführten Werte:

Tafel III  
Weltverbrauch

Jahr	Rohkautschuk t	Regenerat t	Kautschukinhalt der Regenerate (100 Regenerat = 60 Kautschuk)	Gesamt- verbrauch (Rohkautschuk und Kautschuk als Regenerat)	Anteil des Kautschuks aus Regeneraten in Hundertsteln des Gesamt- weltverbrauchs an Kautschuk
1922	379 940	74 000	44 500	434 440	10,2
1923	412 771	97 000	58 000	470 771	12,1
1924	421 217	101 000	60 500	481 717	12,6
1925	516 076	182 000	109 000	625 076	17,4
1926	614 778	227 000	136 000	750 778	18,0
1927	605 196	242 000	145 000	750 196	19,3
1928	649 674	278 000	167 000	816 674	20,4
1929	680 000	280 000	168 000	848 000	19,8
1930	660 000	222 000	133 000	793 000	16,6

Zur Ergänzung wird in der Tafel IV eine Zusammenstellung der in den Jahren 1925 bis 1929 aus den verschiedenen Ländern ausgeführten Regeneratmengen beigefügt, die wie die Tafel I dem im Juni 1931 veröffentlichten Bericht Harry W. Newmans entnommen ist.

Tafel IV  
Weltausfuhr an Kautschukregenerat (engl. Pfund)

Land	1925	1926	1927	1928	1929
United Stat.	10 239 876	12 075 640	19 130 429	22 452 956	27 707 161
England	3 574 900	4 582 500	5 680 900	4 768 100	5 038 400
Deutschland	865 070	3 879 040	1 958 254	3 071 054	1 335 183
Italien	323 768	236 710	1 098 694	297 675	430 857
Niederlande	15 686	6 065	130	2 204	143 260
Schweden	604	6 453	17 632	31 411	—
Polen	—	—	3 306	3 306	—



Aus den in den Tafeln I bis IV wiedergegebenen Zahlen ergibt sich, daß die Kautschukregeneration einen bestimmten Einfluß auf die Kautschukweltwirtschaft gewonnen hat, einen Einfluß, der besonders in die Augen springt, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die 167 000 t Kautschuk, die in Form von 278 000 t Regenerat im Jahre 1928 verarbeitet wurden, den Weltverbrauch an Rohkautschuk im Jahre 1915 (158 700 t) überstiegen und fast die Hälfte des Rohkautschukweltverbrauchs im Jahre 1922 (379 900 t) ausmachten.

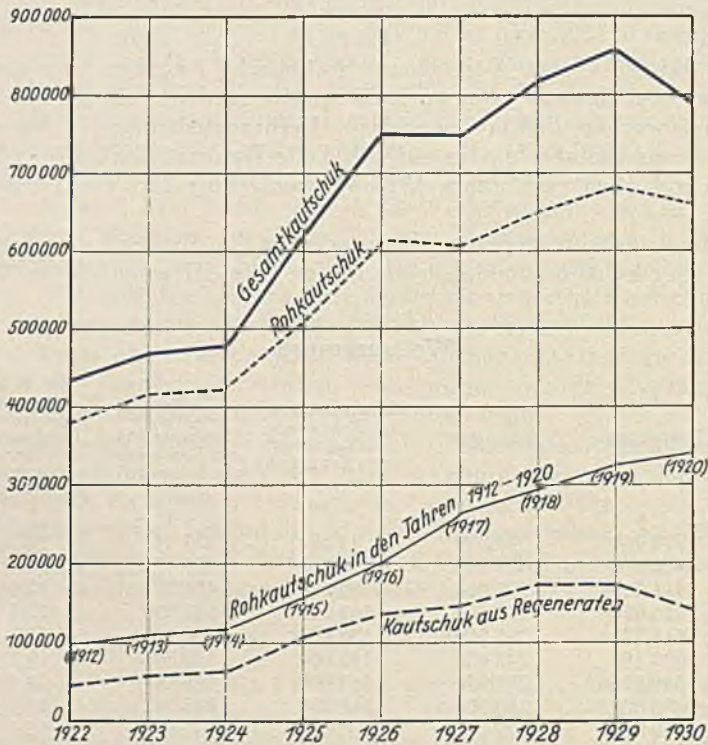


Abb. 220. Kautschuk-Weltverbrauch

Waren es ursprünglich nur wirtschaftliche, in dem hohen Stand der Rohkautschukpreise begründete Gesichtspunkte, die für die Entwicklung der Kautschukregeneration bestimmend waren, so haben inzwischen auch die besonderen technischen Eigenschaften des Regeneratkautschuks sowie die in beträchtlicher Menge vorhandenen Nebenstoffe des Kautschukregenerats dieses zu einem wichtigen Ausgangsstoff bei der Herstellung von Kautschukwaren gemacht, so daß selbst bei einem Tiefstand der Rohkautschukpreise, wie dem zur Zeit der Abfassung dieses Aufsatzes herrschenden, die Verwendung von Kautschukregenerat nur in mäßigem Umfang Einschränkungen erfahren kann.

Noch deutlicher als die vorstehenden Tafeln veranschaulicht das Kurvenbild (Abb. 220) die weltwirtschaftliche Bedeutung der Kautschukregeneration.

In dem durch das Kurvenbild erfaßten Zeitraum, den Jahren 1922 bis 1930, war der Kurvenverlauf beim Rohkautschuk und beim Regeneratkautschuk im allgemeinen der gleiche. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich aber, daß zwar, wie nach den vorstehenden Ausführungen zu erwarten ist, eine Minderung des Kautschukweltverbrauchs einen stärkeren Abfall der Regeneratverbrauchskurve zur Folge hat, daß aber bei steigendem Gesamtverbrauch der Kurvenverlauf beim Regeneratkautschuk ein flacherer ist als beim Rohkautschuk. Hätte sich, wie es in den ersten Nachkriegsjahren vorausgesetzt wurde, die Steigerung des Kautschukweltverbrauchs über einen längeren Zeitraum erstreckt, so würde sich dieser flachere Verlauf der Regeneratkurve in noch stärkerem Maße geltend machen.

Im Gegensatz zum Rohkautschuk, dessen Gewinnung bei dem Umfang, den die Plantagenwirtschaft angenommen hat, schnell einem gesteigerten Verbrauch angepaßt werden kann, sind der Regeneraterzeugung unüberschreitbare Grenzen gesetzt. Diese Grenzen werden bestimmt durch den Anfall an regenerierfähigen Altstoffen. Bis die für die Regeneratherstellung geeigneten Kautschukwaren als Altstoff auf dem Markt erscheinen, vergeht, vom Zeitpunkt der Erzeugung an gerechnet, ein Zeitraum von durchschnittlich zwei Jahren. Die Gesamtmenge des zwei Jahre vorher verarbeiteten Kautschuks bestimmt deshalb die größtmögliche Menge Regenerat, die in einem Jahre erzeugt werden kann.

Von der Gesamtmenge des verarbeiteten Kautschuks dient etwa ein Drittel zur Herstellung von Kautschukwaren, die für die Regeneratgewinnung nicht in Betracht kommen, oder für Zwecke, bei denen der Kautschuk, wie bei der Verwendung als Klebmittel, als solcher verschwindet. Ein weiteres Drittel des verarbeiteten Kautschuks geht auch bei den regenerierfähigen Kautschukwaren teils durch die natürliche Abnutzung, teils dadurch verloren, daß die Altstoffe durch die Sammeltätigkeit nicht erfaßt werden. Ein Teil wird auch, wie oben (Seite 345) dargelegt wurde, anderen Verwendungszwecken als der Regeneraterzeugung zugeführt. Als Regeneratkautschuk (auf Reinkautschuk berechnet) kann deshalb etwa ein Drittel der gesamten Kautschukmenge wiedergewonnen werden, die zwei Jahre vorher zu Kautschukwaren verarbeitet worden ist. Dieses Drittel entspricht, da 100 Teile technischen Regenerats 60 Teile Regeneratkautschuk enthalten, auf marktfähiges Regenerat bezogen, dem Gewicht nach der halben Menge des Kautschukweltverbrauchs vor zwei Jahren.

Berechnet man auf Grund dieses Sachverhalts aus den in der Tafel III angeführten Verbrauchsziffern die Regeneratmengen, die in den Jahren 1924 bis 1930 hätten erzeugt werden können und vergleicht die so ermittelten Werte mit den tatsächlichen Verbrauchsziffern, so gelangt man zu den in der Tafel V wiedergegebenen Ergebnissen.



Tafel V

Jahr	Gesamtweltverbrauch an Roh- und Regenerat- kautschuk zwei Jahre vorher	Menge des Regenerats, die hätte erzeugt werden können	Tatsächlich verbrauchte Menge Regenerat
	t	t	t
1924	434 440	241 350	101 000
1925	470 771	261 530	182 000
1926	481 717	267 620	227 000
1927	625 076	347 260	243 000
1928	750 778	417 100	278 000
1929	750 196	416 770	280 000
1930	816 674	453 700	222 000

In einem einzelnen Jahre kann die Menge des erzeugbaren Regenerats dadurch eine Erhöhung erfahren, daß Altstoffmengen, die in den Vorjahren durch die Sammeltätigkeit erfaßt wurden, aber unverarbeitet blieben, in der Folgezeit für die Regeneraterzeugung nutzbar gemacht werden. Faßt man aber den Weltverbrauch während größerer Zeitabschnitte ins Auge, so darf als feststehend angesehen werden, daß das Verarbeitungsverhältnis 50 Regenerat zu 100 Rohkautschuk, das Amerika im Jahre 1928 bereits überschritten hatte, auf die Dauer nicht weiter gesteigert werden kann, weil für die Gewinnung größerer Regeneratmengen der als Ausgangsstoff erforderliche Altkautschuk nicht zu beschaffen ist.

Aus diesen Erwägungen ergibt sich auch die Antwort auf die oft gestellte Frage, ob die Kautschukmasse, sofern sie, ohne Schaden zu erleiden, einmal regeneriert werden kann, nicht durch wiederholte Regeneration unverwendbar werden müsse. Feststellungen dieser Art sind bisher nicht gemacht worden und es ist auch nicht zu erwarten, daß sie in Zukunft gemacht werden können. Im Jahre 1929, wo die bisher größte Menge Regenerat verarbeitet worden ist, stammte noch nicht ein Viertel der Gesamtmenge des verarbeiteten Kautschuks aus Regenerat. Aber selbst wenn die Regeneratverarbeitung dauernd den rechnerisch höchstmöglichen Umfang erreichen würde, könnte in jedem Jahr nur ein Neuntel des verarbeiteten Kautschuks Regeneratkautschuk sein, der schon zweimal regeneriert worden ist. Ein Siebenundzwanzigstel könnte zum dritten Male, ein Einundachtzigstel zum vierten Male der Wiederverarbeitung zugeführt worden sein. Dies sind Mengen, von denen ein schädigender Einfluß auch dann nicht zu befürchten ist, wenn die Kautschukmasse beim wiederholten Regenerieren leidet, eine Voraussetzung, für die kein berechtigter Anlaß vorliegt.

### c) Ausgangsstoffe für die Massenherstellung von Kautschukregeneraten

Es wurde oben bereits darauf hingewiesen, daß etwa bis zur Jahrhundertwende alte Gummischuhe den hauptsächlichsten Ausgangsstoff für die Herstellung von Kautschukregeneraten bildeten. Seitdem sind in ständig steigendem Umfange die von der Kraftwagenbereifung stammenden Altstoffe an deren Stelle getreten, und seit einer Reihe von Jahren ist Gummischuhregenerat nur zu einem sehr kleinen Anteil an der Gesamterzeugung von Kautschukregeneraten beteiligt. Außer den Kraftwagenbereifungen werden die meisten der oben aufgeführten Altstoffsorten nur dann noch gesammelt und auf den Markt gebracht, wenn

hohe Rohkautschukpreise eine Steigerung des Regenerat- und Altstoffverbrauchs veranlassen.

Diese Verschiebung bei den Ausgangsstoffen für die Regeneratgewinnung hat auch den Altstoffhandel wesentlich beeinflußt. Der stärkste Anfall an alten Kraftwagenbereifungen ergibt sich selbsttätig bei den sogenannten Vulkanisieranstalten, die im Verlauf des letztvergangenen Jahrzehnts in der ganzen Welt entstanden sind, um schadhafte Kraftwagenbereifungen instandzusetzen. Ein erheblicher Anteil der alten Bereifungen wird auch beim Verkauf neuer Bereifungen von den Vertriebsstellen übernommen, von wo sie unmittelbar in die den Reifenfabriken angegliederten Regenerierwerke weitergeleitet werden. Abgesehen von diesen in der Eigenart der Kraftfahrzeugbereifung liegenden Gründen mußte schon der Gewichtsunterschied, der zwischen einer Kraftwagendecke und einem alten Gummischuh besteht, die früher weit verzweigte Organisation des Altkautschukhandels beeinflussen.

#### d) Vorbehandlung der Ausgangsstoffe

Für die Verarbeitbarkeit und Marktfähigkeit der Kautschukregenerate ist es von ausschlaggebender Bedeutung, daß sie einheitlich sind und in gleicher Art und Beschaffenheit jederzeit nachgeliefert werden können. Zur Erfüllung dieser Voraussetzungen müssen die Ausgangsstoffe einer sorgfältigen Sichtung und Vorbehandlung unterzogen werden. Wie oben bereits erörtert wurde, bedingt schon die Einreihung in die verschiedenen Handelsmarken eine Vorsichtung der Altstoffe durch den Altstoffhandel. Bei den hochwertigen, einlagefreien Altkautschuksorten geht diese Vorsichtung so weit, daß diese Ausgangsstoffe der verarbeitenden Industrie in ausreichend reiner und gleichmäßiger Form zugeführt werden. Dies gilt im besonderen für Automobilluftschläuche, den einzigen Altstoff dieser Art, der in ausreichenden Mengen anfällt, um zur Massenerstellung hochwertiger Regenerate dienen zu können. Neben roten Luftschläuchen, die bei weitem die Hauptmenge des Luftschlauchanfalls bilden, werden schwimmende, halbschwimmende und graue Luftschläuche als besondere Sorten in den Handel gebracht, die meist amerikanischer Herkunft und von sehr gleichartiger Beschaffenheit sind.

Bei dem für die Massenerzeugung von Regeneraten hauptsächlich in Betracht kommenden Ausgangsstoff, den Automobillaufdecken, reicht die schon vom Handel vorgenommene Vorsichtung nicht aus. Neben den ganzen Decken werden zwar auch Protekteure (Laufflächen), Karkassen (Stoffgerippe) und Wulste gesondert in den Handel gebracht, aber nicht in solchen Mengen, daß in den Regenerierwerken eine weitere Aufteilung des Deckenanfalls in die Einzelteile entbehrlich sein könnte. Aus dem Gesamtanfall werden sogar bestimmte, durch die eingepprägten Marken gekennzeichnete Decken ausgesondert, um als Ausgangsstoff für die Herstellung besonders einheitlicher und hochwertiger Regenerate zu dienen.

Die Verarbeitung der für die Regeneratherstellung bestimmten Decken beginnt mit dem Entwulsten. Die Wulste der Reifen bestehen aus einem harten Kern, häufig auch aus Drahteinlagen, die von einem Teil der das



Stoffgerippe der Decke aufbauenden gummierten Stoffschichten umschlossen werden. Der Wulst wird möglichst dicht an der Ansatzstelle abgetrennt. Hierzu benutzt man Entwulstmaschinen, deren Hauptteil aus zwei kleinen scherenartig wirkenden Kreismessern besteht. Um den Reifen an die Schere ansetzen zu können, muß er durch einen quer verlaufenden Schnitt geöffnet werden. Dieser Öffnungsschnitt und auch das Aufteilen des Reifens in kleinere Stücke können durch Stoßmaschinen be-

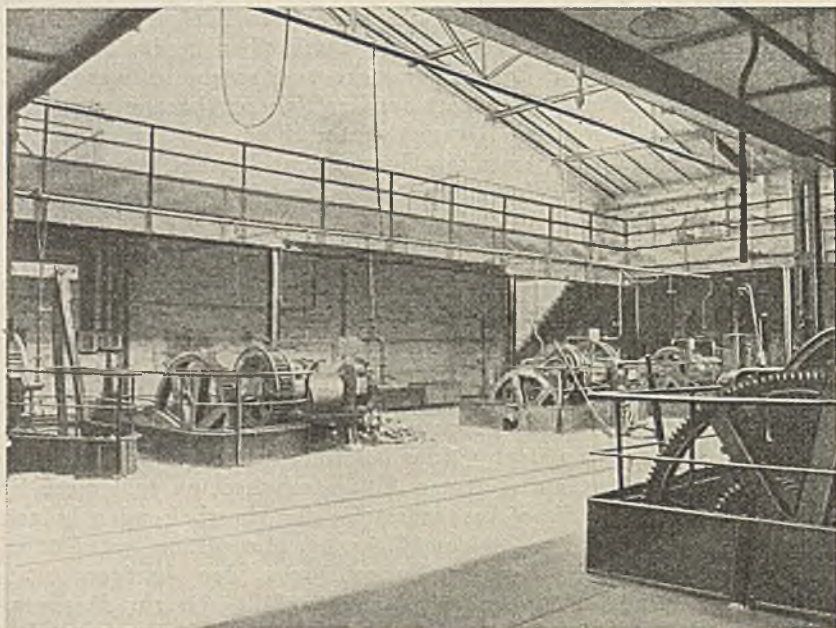


Abb. 221. Altkautschuk-Zerkleinerungsraum

wirkt werden, wie sie bei der Metallbearbeitung gebräuchlich sind. Zuweilen benutzt man zum Entwulsten auch Stanzmaschinen, die von dem geschlossenen Reifen durch einen einzigen Schnitt den die Ringform behaltenden Wulst abtrennen. Die so zu bearbeitenden Decken müssen vorher nach ihrer Profilgröße genau gesichtet werden. Für jede Profilgröße ist ein ringförmiges Stanzmesser erforderlich, das genau an der Ansatzstelle die Abtrennung der Wulste bewirkt.

Die entwulsteten Decken werden meist ohne weitere Aufteilung verarbeitet, nachdem sie durch Abwaschen von anhaftendem Schmutz gesäubert sind. Um als Ausgangsstoff für besonders hochwertige Regenerate dienen zu können, wird aber die vom Wulst befreite Decke weiter in Lauffläche (Protector) und Stoffgerippe (Karkasse) zerlegt. Die Rohmischungen, die bei der Herstellung von Autodecken für die Laufflächen verwendet werden, weichen in ihrer Art und Zusammensetzung wesentlich von den Mischungen ab, die als Quellung auf die für den Aufbau der Stoffgerippe bestimmten Stoffbahnen aufgetragen werden. Beiden

Mischungsarten aber entstammt der Kautschukanteil der alten Decke. Bei gesonderter Verarbeitung von Laufflächen und Karkassen werden deshalb auch sehr verschiedenartige Regenerate gewonnen, deren jedes einzelne höherwertig ist als das Regenerat aus der im ganzen verarbeiteten Decke.

Für die Scheidung der entwulsteten Decke in Lauffläche und Karkasse benutzt man Spaltmaschinen, wie sie für die Lederspaltung im Gebrauch sind. Der Eigenart des zu bearbeitenden Stoffes entsprechend müssen die für Autodecken bestimmten Spaltmaschinen weit gedrungener und von kräftigerer Bauart sein als Lederspaltmaschinen.

Abgesehen von den später zu erörternden Fällen (vgl. die Ausführungen über Lösungsregenerat Seite 361) müssen die so vorbereiteten und zerteilten Altstoffe gemahlen oder doch weitgehend aufgerissen werden, um nach Möglichkeit den schützenden Einfluß aufzuheben, den bei der Einwirkung wässriger Lösungen die Kautschukmasse auf das eingebettete Gewebe ausübt. Für die Zerkleinerung benutzt man im besonderen Mahlwalzwerke, die in ihrer Bauart den bei der Herstellung von Kautschukmischungen gebräuchlichen Mischwalzwerken entsprechen. Auch diese Mahlwalzwerke müssen, um den Widerstand des durch die Gewebeeinlagen besonders zähen Mahlgutes überwinden zu können, kräftig gebaut sein. Gut geeignet sind Walzwerke von 600 : 400 mm Ballengröße und einem Übersetzungsverhältnis 2 : 3. Mahlwalzwerke solcher Art veranschaulicht die Abb. 221.

Der auf dem Walzwerk vorgerissene Altstoff wird noch einmal durch eine Kreuzschlagmühle mit weiten Rosten geschickt und auf diese Weise grob zerkleinert. Er bildet dann den für den eigentlichen Arbeitsvorgang der Regeneration geeigneten Ausgangsstoff.

### e) Regenerierverfahren

Nach vielen Hunderten zählen die Verfahren, die angegeben worden sind, um Kautschukaltstoffe in Regenerat überzuführen. Die meisten Arbeitsweisen, die der ausgedehnten Patentliteratur aller Kulturländer zu entnehmen sind, verfolgen die Absicht, die in den Altstoffen aufgespeicherte Kautschukmasse durch Schwefelentziehung zu »entvulkanisieren«, d. h. sie in den jungfräulichen Zustand des Rohkautschuks zurückzusetzen. In diesem Sinne bewirkt keines der angegebenen Verfahren eine Entvulkanisierung. Der an den Kautschuk gebundene Vulkanisationsschwefel kann nicht entfernt werden, und schon C. O. Weber<sup>2</sup> hat mit Recht darauf hingewiesen, daß die Erreichung dieses Zieles, wenn sie möglich wäre, keine praktische Bedeutung gewinnen könnte, weil der Gehalt der Regenerate an Vulkanisationsschwefel deren Wiederverarbeitung nicht stört. Dagegen ist eine weitgehende Abscheidung der neben Kautschuk in den Altstoffen enthaltenen organischen und mineralischen Füllstoffe technisch durchführbar. Meist wird aber die Erreichung auch dieses Zieles nicht erstrebt, weil diese Füll- und Zusatzstoffe Bestandteile der unter Verwendung von Regenerat herzustellenden neuen Kautschukmischungen zu sein pflegen.

<sup>2</sup> Gummi-Ztg. 18 (1904) S. 443



Der Grund, der es verhindert, unbrauchbar gewordene Kautschukwaren unmittelbar zu Mischungen für die Neuherstellung von Kautschukerzeugnissen zu verarbeiten, liegt, soweit die Kautschukmasse in Betracht kommt, ausschließlich in den durch die Vulkanisation bewirkten physikalischen Veränderungen. Vulkanisierter Kautschuk läßt sich nur grob zerkleinern und besitzt nicht die Bildsamkeit, die den Rohkautschuk befähigt, die feinpulverigen mineralischen und organischen Zusatzstoffe gleichmäßig in sich aufzunehmen, aus denen, neben Rohkautschuk, der zur Formung der Kautschukwaren erforderliche Kautschukteig, die Mischung, besteht. Die einzige Aufgabe der eigentlichen Regeneration besteht deshalb darin, den unplastischen vulkanisierten Kautschuk wieder plastisch zu machen. Ohne daß der an Kautschuk gebundene Schwefel als solcher eine Veränderung erfährt, wird vulkanisierter Kautschuk wieder wie Rohkautschuk bildsam, wenn er in feuchten Medien oder durch mechanische Behandlung längere Zeit Temperaturen ausgesetzt wird, die der Vulkanisationstemperatur entsprechen. Da bei allen die Entschwefelung der Masse erstrebenden Verfahren der Altstoff einer solchen Erwärmung unterzogen wird, bewirken die »Entschwefelungsverfahren« gleichzeitig auch die für die Überführung in Regenerat erforderliche Plastizierung, so daß viele von ihnen, wenn wirtschaftliche Hemmungen nicht beständen, als Regenerierverfahren Verwendung finden könnten.

Weit schwieriger als die in eigentlichem Sinne als »Regeneration« zu bezeichnende Plastizierung der Kautschukmasse ist deren *S o n d e r u n g* v o n d e n *G e w e b e s t o f f e n*, die einen Hauptbestandteil der für die Massenherstellung von Regeneraten hauptsächlich in Betracht kommenden Altstoffe, der Gummischuhe sowohl wie der Autodecken, bilden. Auf mechanischem Wege läßt sich diese Trennung nicht bewirken. Obwohl die breiige Kautschukquellung, die beim Gummieren auf die Stoffbahnen aufgetragen wird, ins Zellinnere der Faser nicht eindringt, werden bei der Vulkanisation Gewebefaser und Kautschukmasse so fest verbunden, daß, beispielsweise bei der Karkasse der Autodecken, der aus abwechselnden Schichten von Gewebe und Kautschukmasse aufgebaute Grundkörper nicht mehr in die einzelnen Lagen zerlegt werden kann. Noch weniger kann die Verbindung der einzelnen Faser mit ihrer Kautschukhülle gelöst werden. Die Trennung läßt sich nur dadurch herbeiführen, daß entweder die Kautschukmasse durch Kautschuklösungsmittel in flüssige Form gebracht oder der Gewebeanteil durch chemische Einwirkungsmittel zersetzt und dadurch verflüssigt wird, während jeweils der andere Anteil des Altstoffes seine feste Form beibehält.

Bis zur Jahrhundertwende beruhten die wenigen Regenerierverfahren, die in Wirklichkeit technische Anwendung gefunden haben, ausschließlich auf der chemischen Zersetzung der Faser. Aber auch jetzt wird bei der Hauptmenge der erzeugten Regenerate dieser zum völligen Verlust des Gewebeanteils führende Weg der Trennung benutzt.

Das erste Verfahren, das in Amerika für die Massenherstellung von Kautschukregenerat tatsächlich nutzbar gemacht wurde, war das *M i t c h e l l s c h e* Säureverfahren. Bei diesem Verfahren werden die Altstoffe

mit etwa einem Drittel ihres Gewichtes 66gradiger Schwefelsäure benetzt und durch Einleiten von gespanntem Dampf längere Zeit auf Temperaturen zwischen  $130^{\circ}$  und  $150^{\circ}$  erhitzt. Aus der so behandelten Masse entfernt man die Gewebereste durch erschöpfendes Auswaschen. Die von den Geweben befreite Regeneratmasse muß gut neutralisiert und durch erneutes Auswaschen auch von den wasserlöslichen Salzen völlig befreit werden, da diese ebenso wie Säurereste die Haltbarkeit des Regenerats stark beeinträchtigen. Ein Kennzeichen für die Bedeutung, die das Mitchellsche Verfahren für die Regeneratgewinnung nicht nur in Amerika, sondern auch in Europa erlangt hat, ist die Tatsache, daß im amtlichen Warenverzeichnis der österreichischen Zollbehörde Kautschukregenerat noch jetzt als »Mitchell-Gummi« bezeichnet wird.

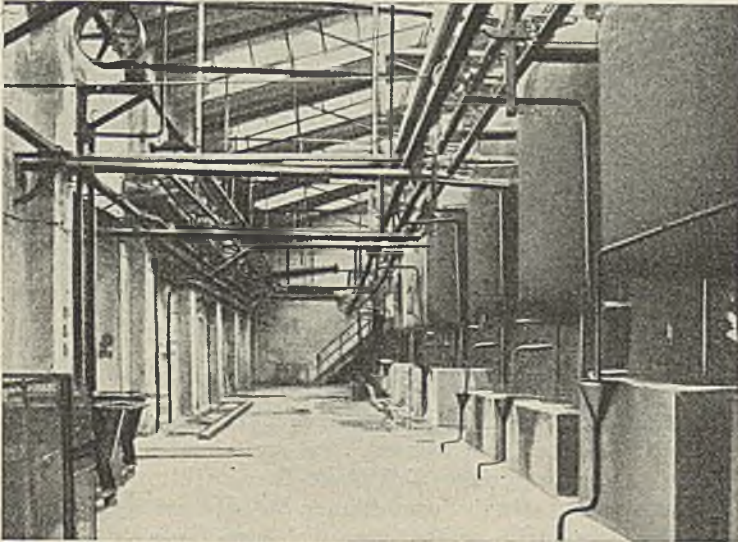


Abb. 222. Druckgefäßhalle

Alkaliverfahren. Das Mitchellsche Säureverfahren und dessen zahlreiche Abwandlungen sind völlig durch das von dem Amerikaner A. Hudson Marks angegebene, im Jahre 1899 auch in Deutschland patentierte Alkaliverfahren (D.R.P. 119 127) verdrängt worden. Marks bewirkt die Beseitigung der Gewebe gleichfalls durch chemische Zersetzung, benutzt aber als Hydrolysierungsmittel nicht Säuren, sondern Ätzalkali in etwa 10proz. wässriger Lösung.

Zur Durchführung des Alkaliverfahrens benutzt man 6000 bis 10 000 Liter fassende Druckgefäße, die entweder mit Rührwerk versehen oder besser als Drehtrommeln ausgebildet sind. Der Kessel wird zu reichlich drei Vierteln mit Altstoff und Lauge im Verhältnis 1 : 3 gefüllt, so daß bei der angegebenen Kesselgröße 2000 bis 2500 kg Altstoff bei jeder Beschickung verarbeitet werden. Statt Frischlaugen können auch Ablaugen, beispielsweise von der Kunstseidenfabrikation, benutzt werden. Der



Mantel des doppelwandigen Kessels wird mit Dampf von 10 Atmosphären Spannung beheizt. Durch Einleiten von höhergespanntem Dampf in den Innenkessel wird die Masse auf 160° bis 180° erhitzt. Nach vier- bis fünfstündiger Erhitzungsdauer wird gekühlt und dann die Regeneratmasse in die Waschtrommeln abgelassen. Die Abb. 222 veranschaulicht die Druckgefäßhalle einer Anlage zur Erzeugung von Alkaliregenerat.

Für die Beschaffenheit und Güte der Alkaliregenerate sind die der Behandlung im Regenerierkessel folgenden Arbeitsvorgänge von besonderer Bedeutung. Zunächst muß die Masse in Waschtrommeln von der Lauge befreit und ausgewaschen werden. Das Auswaschen erfordert nicht die gleiche Sorgfalt wie bei den Säureverfahren, das Trocknen der Masse aber bereitet gewisse Schwierigkeiten. Es muß vermieden werden, daß die im feuchten Zustand lockere Masse sich beim Trocknen zu größeren Klumpen zusammenballt, die Wasserreste im Innern sehr entschieden festhalten. Am besten haben sich für die Trocknung Anlagen bewährt, bei denen die nasse Regeneratmasse auf einen Wanderrost von ausreichender Länge in dünner gleichmäßiger Schicht aufgetragen und langsam über Heizkörper geführt wird, wobei für schnelles Absaugen der mit Feuchtigkeit angereicherten Luft durch Ventilatoren Sorge zu tragen ist.

Die getrocknete Regeneratmasse besteht aus verschiedenen gefärbten, leicht aneinanderklebenden Stückchen. Sie enthält die mechanischen Verunreinigungen, im besonderen Metallsplinter, die während des Gebrauchs in die Deckenmassen eingedrungen sind, bei der Vorbereitung des Altstoffes aus diesem aber nicht entfernt werden konnten. Für die Beseitigung solcher mechanischer Verunreinigungen benutzt man Filtermaschinen, die den bei der Herstellung von Schläuchen und ähnlichen Fertigwaren gebräuchlichen Spritzmaschinen nachgebildet sind, die aber, dem starken Widerstand dieser zähen Regeneratmassen entsprechend, besonders kräftig gebaut sein müssen. Der Spritzkopf besteht aus einer Siebplatte mit möglichst großer Siebfläche (strainer).

Die Regeneratmasse, die in Form dünner Stränge aus den Sieblöchern der Filtermaschine austritt, erfährt nun noch eine *E n d b e h a n d l u n g* a u f d e n F e r t i g w a l z e n. Die hierfür benutzten Walzwerke entsprechen vollkommen den für die Herstellung von Kautschukrohnmischungen gebräuchlichen Mischwalzen. Wie bei der Fertigwarenerzeugung sind auch für die Regeneratbearbeitung Walzwerke gut geeignet, die Ballen von 1500 mm Länge und 500 mm Durchmesser besitzen. Die ungleich laufenden Walzen werden fest zusammengepreßt, so daß sich auf der langsamer laufenden Walze nur ein dünnes Häutchen ansetzen kann. Durch einen Schaber wird dieses Häutchen abgestrichen, wobei sich die Masse zu Strängen aufrollt, die abreißen und sechs- bis achtmal von neuem durch die Walze geschickt werden. Je fester die Walzen gespannt sind und je häufiger diese Behandlung wiederholt wird, um so feiner und plastischer wird die Regeneratmasse. Nach ausreichender Durchknetung wird das vom Schaber abgehobene Häutchen auf eine mit Zinkblech belegte Holzrolle überführt, auf der das nun gebrauchsfertige Regenerat sich aufrollt. Hat die Schicht eine Dicke von 4 bis 5 cm erreicht, so wird sie abgeschnitten und bildet nun eine Platte, die meist in quadratische

Stücke von etwa 50 cm Kantenlänge zerschnitten wird, um das Regenerat in eine für den Versand und die Verarbeitung handliche Form zu bringen. Die einzelnen Häutchen, aus denen die Regeneratplatte sich zusammensetzt, haften um so fester aneinander, je feiner und plastischer das Regenerat ist. Ein Auseinanderreißen ist aber in allen Fällen noch möglich. Die für diese Nachbehandlung erforderlichen Walzwerke veranschaulicht die Abb. 223.

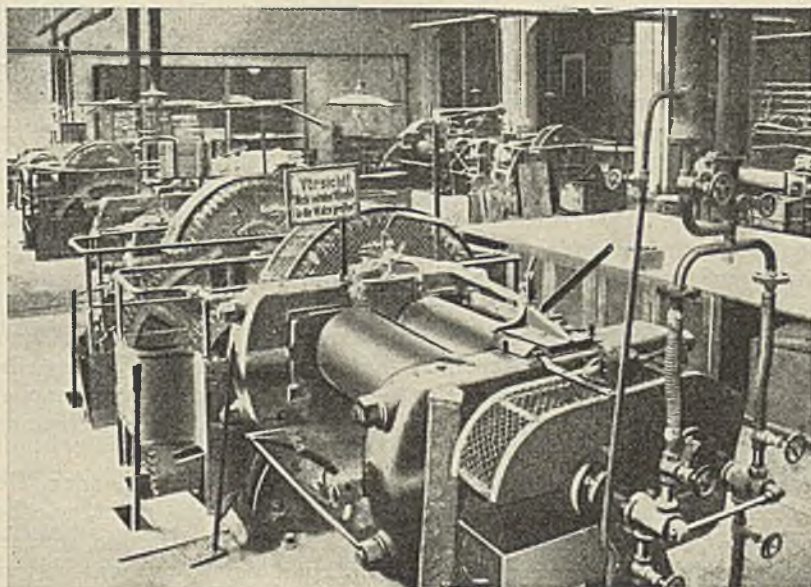


Abb. 223. Fertigwalzen

Aus den Ablaugen, die bei der Herstellung von Alkaliregeneraten entstehen, kann Hydrocellulose abgeschieden werden, aber diese ist so unrein, daß sie technisch wertlos ist. Solche Ablaugen dürfen nicht in die Flußläufe abgelassen werden, weil sie diese stark verunreinigen und das Tier- und Pflanzenleben schwer schädigen. Die Reinigung dieser Abwässer bereitet deshalb den Regenerierwerken oft größere Schwierigkeiten, als die bei der eigentlichen Regeneraterzeugung zu lösenden technischen Aufgaben.

Die Vorteile des Alkaliverfahrens gegenüber den älteren Säureverfahren liegen einerseits darin, daß die erforderlichen Anlagen einfacher und weniger kostspielig sind, andererseits beruhen sie auf dem günstigen Einfluß, den Alkali auf die Beschaffenheit der Kautschukmasse ausübt, ein Einfluß, der sowohl bei den physikalischen Eigenschaften wie durch die gute Lagerfähigkeit der Regenerate in die Erscheinung tritt.

Lösungsverfahren. Auch die Trennung von Kautschukmasse und Gewebe auf dem entgegengesetzten Wege, d. h. durch Verflüssigung der Kautschukmasse mit Hilfe von Kautschuklösungsmitteln ist schon



frühzeitig versucht worden. Nach einem dem Amerikaner John J. Montgomery im Jahre 1884 erteilten A. P. 308 189 sollten Kautschukabfälle bei 175° in geschlossenen Gefäßen mit Petroleumkohlenwasserstoffen behandelt und aus der gewonnenen Lösung die Regeneratmasse durch Wasserdampf abgeschieden werden.

Dieser so einfach erscheinende Lösungsvorgang ist erst nach 1900 in größerem Maßstab für die Erzeugung von Kautschukregeneraten nutzbar gemacht worden, und zwar von dem ersten deutschen Unternehmen, das die Kautschukregeneration als Sonderzweig betreibt. Die Gründe dafür, daß Lösungsverfahren für die Kautschukregeneration erst spät technische Bedeutung erlangt haben, sind darin zu suchen, daß die Wahl des Lösungsmittels, insbesondere aber Höhe und Dauer der Erhitzung der Ausgangsstoffe während des Lösungsvorganges die Beschaffenheit des Erzeugnisses ausschlaggebend beeinflussen. Erhitzt man Kautschukvulkanisate von mittlerem Vulkanisationsgrad, wie es die als Ausgangsstoffe vorwiegend benutzten Automobildecken sind, mit wässrigen Flüssigkeiten, so ist im besonderen bei Verwendung von Laugen ein längeres Erhitzen auf verhältnismäßig hohe Temperaturen erforderlich, um als Rückstand der Behandlung eine von Gewebe befreite, plastische Regeneratmasse zu erhalten. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß Alkali-regenerate sich durch besondere Zähigkeit auszeichnen, ein Vorzug, der sich auch bei den unter Verwendung solchen Regenerats gewonnenen Fertigerzeugnissen durch hohe Bruchfestigkeit bei starker Dehnungsfähigkeit geltend macht.

Eine Kautschukmasse von physikalisch völlig abweichender Beschaffenheit ergibt sich aber, wenn für die Abscheidung nicht, wie bei den Alkali- und Säureverfahren, der Gewebeanteil der Altstoffe, sondern die Kautschukmasse verflüssigt wird, während der Gewebeanteil ungelöst und chemisch unverändert zurückbleibt.

Ein Hauptkennzeichen der durch die Vulkanisation bewirkten Veränderungen der Kautschukmasse ist deren Verhalten gegen Lösungsmittel. Im Gegensatz zu Rohkautschuk nimmt selbst schwach vulkanisierter Kautschuk Lösungsmittel sehr langsam und nur in geringem Umfang unter Quellung in sich auf. Eine gleichmäßige Verteilung der vulkanisierten Kautschukmasse in größeren Mengen Lösungsmittel kann bei gewöhnlicher Temperatur überhaupt nicht bewirkt werden. Bei steigender Temperatur erhöht sich aber das Aufnahmevermögen, und zwischen 120° und 150° erfolgt völlige Lösung der vulkanisierten Kautschukmasse.

Die Beschaffenheit einer so gewonnenen Vulkanisatlösung zeigt deutlich, daß bei diesem Lösungsvorgang ein weitgehender Zerfall der Molekularkomplexe eingetreten sein muß, denn im Gegensatz zu einer Rohkautschukquellung, die stark viskos ist, wenn sie in 10 Teilen auch nur einen Teil Rohkautschuk enthält, ist eine 10proz. Regeneratlösung fast ebenso leichtflüssig, wie das Lösungsmittel selbst. Als echte Lösung erweist sie sich auch durch ihre Filtrierbarkeit.

Wird aus der Lösung das Lösungsmittel, sei es durch unmittelbares Verdampfen, sei es durch Wasserdampf, abgetrieben, so hinterbleibt die gelöste gewesene Regeneratmasse in weicher, schmieriger Form. Dieser

Verdampfungsrückstand unterscheidet sich in seiner physikalischen Beschaffenheit sehr weitgehend sowohl von einem beim Verdunsten einer Rohkautschukquellung hinterbleibenden Rohkautschukfilm, wie von den Regeneratmassen, die bei den Alkali- und Säureverfahren erhalten werden.

Diese Verschiedenheit der Beschaffenheit beruht offenbar auf Abweichungen im Polymerisationsgrad des Kautschuks. Dies ergibt sich auch daraus, daß der durch die Einwirkung von Lösungsmitteln bei höherer Temperatur bewirkte Zerfall der Molekularkomplexe leicht wieder rückgängig gemacht werden kann. Die Masse braucht nur in geeigneter Weise der Einwirkung trockener, den Vulkanisationstemperaturen entsprechender Wärme ausgesetzt zu werden. Bringt man beispielsweise die durch Abtreiben des Lösungsmittels mittels Wasserdampf gewonnene, von Wasser stark durchsetzte Regeneratmasse in Knetmaschinen, deren Heizmantel durch Dampf von 5 bis 6 Atmosphären Überdruck geheizt wird, so tritt, solange die zugeführte Wärme vorwiegend für die Verdampfung des Wassers verbraucht wird, im Zustand der Masse keine merkbare Änderung ein. Ist aber der Wasserinhalt im wesentlichen verdampft, so verliert die Masse ihre Schmierigkeit und wird in mit der Zeitdauer der Erhitzung steigendem Umfang zäher und zäher, so daß es keine Schwierigkeit bereitet, diesen Arbeitsvorgang an einem Zeitpunkt zu unterbrechen, wo die Masse den für die Weiterverarbeitung als Regenerat günstigsten Grad der Zähigkeit erlangt hat.

Setzt man die Masse über diesen Zeitpunkt hinaus unter Knetung der Einwirkung trockener Wärme aus, so verliert sie immer mehr die besonders in der Wärme ihr anhaftende Klebrigkeit und geht schließlich in ein ganz trockenes, staubförmiges Pulver über. Bei diesen Zustandsänderungen kann es sich nicht um einen Vulkanisationsvorgang gewöhnlicher Art handeln, denn abgesehen von dem von vornherein im Altstoff vorhanden gewesenen Vulkanisationsschwefel enthält die Masse keinen oder nur Spuren von freiem Schwefel, der sich an den Kautschuk anlagern und dessen Vulkanisationsgrad erhöhen könnte.

Die Erörterung der Gründe, aus denen Lösungsverfahren erst spät und im Vergleich zur Welterzeugung an Regenerat in einem nur geringen Umfange technische Anwendung gefunden haben, machte es erforderlich, den die Herstellung von Lösungsregenerat abschließenden Arbeitsvorgang vorwegzunehmen. Nach der neueren Ausgestaltung des Lösungsverfahrens ist dieser abschließende Arbeitsvorgang überhaupt entbehrlich geworden. Auch braucht, vom Standpunkt der Regeneratgewinnung aus betrachtet, der Ausgangsstoff der oben beschriebenen Vorbehandlung nicht unterzogen zu werden. Dagegen macht die Rücksicht auf die Beschaffenheit des beim Lösungsverfahren gewinnbaren und wieder nutzbar zu machenden Gewebeanteils eine gewisse Vorbereitung der Altstoffe erforderlich.

Nur aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, die Wulste der Autodecken abzutrennen. Die ungelöst bleibenden entweder aus einer harten, unlöslichen Kautschukmasse oder aus Drahteinlagen bestehenden Wulstkerne verunreinigen mechanisch die zurückbleibenden Gewebe und beeinträch-



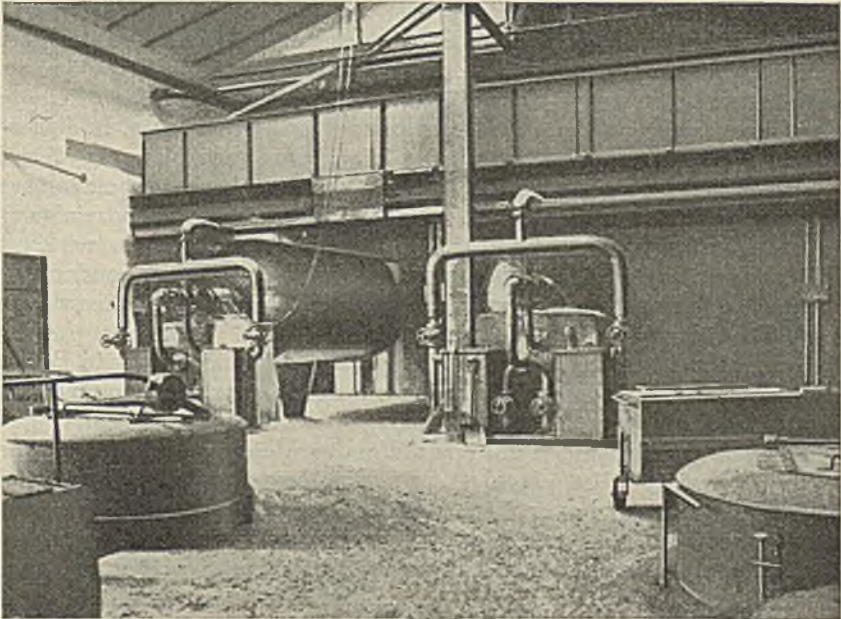
tigen deren Verwendungsmöglichkeit. Die bei der Herstellung von Autodecken benutzten Gewebe bestehen aus bester Baumwolle. Gewinnt man beim Lösungsverfahren diesen Gewebeanteil völlig frei von mechanischen Verunreinigungen, wie es ungelöst gebliebene Kautschukstücke oder Drahtreste sind, ein Ziel, das bei richtiger Leitung der Arbeitsvorgänge leicht erreicht werden kann, so lassen sich die Geweberückstände für die Herstellung hochwertiger Papiere nutzbar machen. Sie besitzen dann als Rohstoff einen Handelswert, der den der abgefahrenen Autodecken weit übersteigt.

Da bei den Lösungsverfahren die Wirtschaftlichkeit wesentlich von der Höhe des Lösungsmittelverlustes abhängt, sind umfangreiche Anlagen zur Wiedergewinnung des Lösungsmittels erforderlich. Durch geeignete Ausgestaltung der Rückgewinnungsanlagen kann der unvermeidliche Lösungsmittelverlust auf 1,5 bis 2 Hundertstel der angewandten Menge Lösungsmittel herabgesetzt werden, was, auf gewonnenes Regenerat bezogen, einer Menge von 150 bis 200 g für jedes Kilogramm erzeugten Regenerats entspricht. Diese Rückgewinnungsanlagen bieten gegenüber den für solche Zwecke sonst gebräuchlichen keinerlei Besonderheiten. Nur ist darauf zu achten, daß die Kühlflächen und die durch diese bewirkte Unterkühlung zur restlosen Wiedergewinnung des Lösungsmittels ausreichen.

Erleichternd wirkt hierbei der Umstand, daß die geeigneten Lösungsmittel verhältnismäßig hoch siedend sind. Die in dem oben erwähnten amerikanischen Patent von Montgomery genannten Petroleumkohlenwasserstoffe haben sich nicht bewährt. Sie besitzen ein weit geringeres Lösungsvermögen als aromatische Kohlenwasserstoffe. Von diesen finden im besonderen die zwischen 130° und 140° siedenden Anteile des Steinkohlenteers, also im wesentlichen die Xylolfraktion, Verwendung. Der Gegenwart von niedriger siedenden Anteilen, also von Toluol und Benzol in der als Lösungsmittel benutzten Fraktion ist insofern eine gewisse Bedeutung beizumessen, als mit der Höhe des Siedepunkts die Verlustgefahr abnimmt. Der Umstand, daß die höheren Homologen des Benzols besonders gut lösen, ist weniger ausschlaggebend. Wichtig ist aber, daß das verwendete Lösungsmittel keine stark riechenden Stoffe enthält, die ihren Geruch auf das Erzeugnis übertragen. Diese Gefahr liegt besonders dann vor, wenn die als Lösungsmittel benutzte Fraktion oberhalb 160° siedende Anteile enthält. Siede- und Geruchsproben sind deshalb für die Prüfung des anzuwendenden Lösungsmittels unerlässlich. Für die Ausführung der letztgenannten genügt es, ein Stück Filtrierpapier mit dem Lösungsmittel zu benetzen. Nach kurzer Zeit (5 bis 10 Minuten) muß das Lösungsmittel an der Luft völlig verdunstet und dann das Filtrierpapier geruchlos sein.

Das Mengenverhältnis von Altstoff und Lösungsmittel bei der Herstellung von Lösungsregenerat hängt ab von der im Altstoff enthaltenen Gewebemenge. Bei gewebereichem Ausgangsstoff, wie es die vom Protektor gesonderten Karkassen sind, wird auf die gleiche Menge Altstoff etwas mehr Lösungsmittel verwendet, als wenn beispielsweise entwulstete Decken oder Decke samt Wulst den Ausgangsstoff bilden. In

den beiden letztgenannten Fällen beschickt man den 10 000 Liter fassenden Lösekessel mit 1600 bis 1800 kg Altstoff und soviel Lösungsmittel, daß neun Zehntel des Innenraumes gefüllt sind. Da das spezifische Gewicht des Lösungsmittels 0,8 beträgt, enthält der Kessel dann etwa 7000 kg Lösungsmittel. Das Lösungsmittel wird aus unterirdisch gelagerten Tanks oder aus den Zwischengefäßen durch den Druck von Schutzgas zugeführt, das aus Abgasen der Kesselfeuerungen gewonnen und in Druckkesseln aufgespeichert werden kann.



*Abb. 224. Anlage zur Nachbehandlung der Geweberückstände*

Ist der Lösekessel beschickt und sind Mannlöcher und Zuführungsleitungen geschlossen bzw. abgekoppelt, so wird der am besten als Drehtrommel ausgebildete Kessel in langsame Umdrehung versetzt und der Mantel durch Dampf von 5 bis 6 Atmosphären Spannung beheizt. Nach 4- bis 5stündiger Erhitzungsdauer ist der Kautschukanteil des eingefüllten Altstoffes restlos gelöst. Die entstandene Lösung hat dann von der angegebenen Altstoffmenge 850 bis 900 kg aufgenommen und ist, bezogen auf Trockenrückstand, 11- bis 12proz. Der Arbeitsvorgang ist so zu leiten, daß eine möglichst gehaltreiche Lösung erzielt wird. Während des Lösevorganges steigt der Druck im Kesselinnern auf etwa 10 Atmosphären. Für diesen Betriebsdruck muß der Kessel gebaut sein.

Werden für die Herstellung der Lösung stehende, mit Rührwerk versehene Druckgefäße benutzt, so muß, wie beim Alkaliverfahren, gemahlener Altstoff verwendet werden, damit der Geweberückstand so kleinstückig ist, daß er nach Beendigung der Behandlung zusammen mit der



Lösung als Brei aus dem Lösekessel ausgelassen werden kann. Dieser dickflüssige Brei durchläuft Siebvorrichtungen, die ihn in Lösung und Rückstand scheiden. Die Geweberückstände werden durch Zentrifugieren möglichst vollständig von der Regeneratlösung befreit, mit frischem Lösungsmittel ausgewaschen und in Drehtrommeln übertragen, in denen sie durch Destillation mit Wasserdampf bei vermindertem Druck restlos vom Lösungsmittel befreit werden. Eine solche Anlage zur Nachbehandlung der Geweberückstände zeigt die Abb. 224.

Bei entsprechender Ausgestaltung der Anlagen können der Hauptvorgang des Lösens, die Scheidung in Regeneratlösung und Geweberückstand, sowie dessen Nachbehandlung in demselben Apparat vorgenommen werden, ohne daß lösungsmitteldurchtränkte Rückstände bewegt zu werden brauchen, was die Durchführung des Verfahrens sehr erleichtert. Der Lösekessel muß dann als Drehtrommel ausgebildet sein. In dieser ist durch den Einbau von Siebwänden ein Raum geschaffen, in den der flüssige Inhalt, aber weder die in Form großer Abschnitte eingeführten Altstoffe noch Geweberückstände oder mechanische Verunreinigungen gelangen können. Die Geweberückstände bilden selbst ein wirksames Filter, das nicht nur die mechanischen Verunreinigungen, sondern auch die im Altstoff enthaltenen unlöslichen Füllstoffe zurückhält, soweit diese nicht kolloidal in der Lösung verteilt sind.

Auch eine mechanische, den Lösevorgang sehr erleichternde Behandlung kann im Lösekessel selbst während des Lösens vorgenommen werden, was die Verarbeitung großstückigen Altstoffs ermöglicht. Zu diesem Zweck werden in den mit einer Wandverkleidung versehenen Innenkessel schwere Stäbe eingelegt, die sich bei der Drehbewegung des Kessels umwälzen, die im Lösungsmittel untersinkenden Altkautschukstücke ergreifen und in einem mit der fortschreitenden Quellung steigenden Maße eine auspressende und walkende Wirkung ausüben. Hierdurch wird eine gute Verteilung der Kautschukmasse im Lösungsmittel bewirkt, ohne daß der Gewebeanteil selbst zerkleinert zu werden braucht.

Die Entleerung der Regeneratlösung geschieht durch Absaugen oder mit Hilfe von Druckgas von dem im Kessel durch Siebwände abgesonderten Innenraum aus. Die Zwischengefäße für die Regeneratlösung sind mit den Kühlanlagen verbunden, damit Lösungsmittelverluste bei der Überführung der noch heißen Lösung vermieden werden. Die im Lösekessel zurückbleibenden Gewebe werden durch zweimaliges Auswaschen mit frischem Lösungsmittel von Regeneratlösung völlig befreit. Die so entstandene Waschlösung dient beim nächsten Arbeitsvorgang als Lösungsmittel.

Aus den Geweberückständen wird das diese durchtränkende Lösungsmittel durch Destillation mit Wasserdampf entfernt, am besten in der Weise, daß man in den Lösekessel Wasser einführt und durch Beheizen des Mantels die Verdampfung bei vermindertem Druck bewirkt. Hierbei ist zu beachten, daß die Geweberückstände nicht zu trocken werden, weil eine zu weitgehende Wasserentziehung die Faser schädigt.

Die Mannlöcher des Lösekessels müssen ausreichend groß und so beschaffen sein, daß nach Beendigung der Arbeitsvorgänge aus den ge-

öffneten Mannlöchern der wieder in Drehung versetzten Trommel die Geweberückstände leicht herausfallen. Mit besonderer Sorgfalt ist beim Bau des Lösekessels auf gute Abdichtbarkeit der Mannlöcher zu achten. Gerade an diesen Stellen vorhandene Undichtheiten können erhebliche Lösungsmittelverluste während des Lösevorganges veranlassen.

Die während der Entleerung aus dem Kessel herausfallenden Geweberückstände gelangen auf ein Förderband, das sie in einen Nebenraum führt, wo sie in etwa 200 kg schwere Ballen gepreßt werden. In dieser Form werden sie an die Verarbeitungsstätten verschickt.

**Verdampfung der Regeneratlösung.** Aus den Zwischengefäßen fließt die dort aufgespeicherte Lösung selbsttätig in kleinen Anteilen in die Verdampfer. Als solche benutzt man am besten mit Dampf beheizte Vakuumtrommeltrockner, auf deren Oberfläche das aus der Lösung sich abscheidende Regenerat sich als dünner Film ansetzt.

Der Verdampfungsvorgang kann und muß so geleitet werden, daß während des kurzen Zeitraums, der zwischen Einführung der Lösung aus den Zwischengefäßen und dem Abstreichen des abgeschiedenen Regeneratfilms durch ein an der Unterseite der Trommel angebrachtes Abstreichungsmesser liegt, die Masse durch den ins Innere der Trommel eingeleiteten Heizdampf (4 bis 5 Atmosphären Überdruck) restlos vom Lösungsmittel befreit und gleichzeitig ausreichend polymerisiert wird.

Im Innern des Verdampfers rollt sich die Regeneratmasse am Abstreichmesser zu Strängen auf, die, wenn sie eine gewisse Dicke erlangt haben, abreißen und in einen entsprechend ausgestalteten, in das Trocknergehäuse eingefahrenen Wagen fallen. Diese einzelnen Stränge der heißen Masse vereinigen sich zu einem großen, die Form des Wageninneren annehmenden Klumpen. Ist der eingefahrene Wagen gefüllt, was durch in das Verdampfergehäuse eingebaute Schaugläser und Beleuchtungen festgestellt werden kann, so wird der Arbeitsvorgang unterbrochen, ein leerer Wagen eingefahren und nach Wiederherstellung des Vakuums wird die selbsttätig sich vollziehende Verdampfung fortgesetzt.

Der Regeneratinhalt des ausgefahrenen Wagens kann, wenn die Wagenwände ausreichend glatt und vor dem Gebrauch mit Talkum leicht eingepudert worden sind, nach dem Erkalten ausgekippt werden. Der sich dann ergebende, etwa 200 kg schwere Block wird auf einer Schneidemaschine durch gut anzufeuchtende Messer in Einzelstücke von 10 bis 20 kg zerlegt, die, leicht eingepudert, das versandfähige Regenerat darstellen.

### Behandlung einlagefreier Altstoffe

Von den Verarbeitungsweisen, denen die hauptsächlichsten Ausgangsstoffe für die Massenerzeugung von Regeneraten, gewebehaltige Altkautschuksorten, unterzogen werden, weicht die Art, wie einlagefreie Altstoffe in Regenerat übergeführt werden, etwas ab.

Die zu erfüllende technische Aufgabe bei der Aufarbeitung einlagefreier Altstoffe beschränkt sich auf die Wiederherstellung der Plastizität. Das für die Gewinnung von Schlauchregeneraten vor-



wiegend angewendete Regenerationsverfahren entspricht im wesentlichen dem Alkaliverfahren. Den bis auf etwa Hirsekorngröße zerkleinerten Altstoff erhitzt man 3 bis 4 Stunden lang mit einer Alkalilösung, die, da zu zersetzende Gewebe nicht vorhanden sind, nur 2- bis 3proz. zu sein braucht. Für die Beheizung wird Dampf von nur 5 bis 6 Atmosphären Spannung benutzt. Sind 10 000 Liter fassende Regenerierkessel vorhanden, so werden diese mit 2000 bis 2500 kg Altstoff und der dreifachen Menge Alkalilösung beschickt, kleinere Anlagen mit entsprechenden Mengen. Die aus dem Regenerierkessel entleerte Masse wird in Waschtrommeln ausgewaschen, getrocknet und auf den Fertigwalzen plastiziert.

Aus roten Autoschläuchen, die meist den Ausgangsstoff bilden, gewinnt man ein braungefärbtes Regenerat. Schwimmende Schläuche liefern ein Regenerat, das, in entsprechende Form gebracht, äußerlich von Rohkautschuk nicht zu unterscheiden ist. Die Färbung der sogenannten grauen (dunkelgrauen) Schläuche rührt daher, daß sie aus einer Mischung hergestellt werden, die etwas Bleiglätte enthält. Diese Färbung bleibt auch im Regenerat erhalten, das aus diesem Grunde, im Gegensatz zu Regenerat aus schwimmenden Schläuchen, nicht hell gefärbt werden kann.

Auch aus Abfällen von Patentkautschuk und von Tauchwaren können in entsprechender Weise hochwertige Regenerate gewonnen werden. Obwohl solche Abfälle, insbesondere Fabrikationsabfälle von der Präservativ- und Saugerzeugung, aus fast reinem Kautschuk bestehen, sind die aus diesen hergestellten Regenerate den Regeneraten aus heißvulkanisierten Ausgangsstoffen unterlegen, weil für ein Regenerat aus kaltvulkanisierten Ausgangsstoffen nicht die gleiche Gewähr für Lagerfähigkeit übernommen werden kann, wie für Regenerate aus heißvulkanisiertem Altstoff. Aus Autoluftschläuchen oder Decken sorgfältig hergestellte Alkali- oder Lösungsregenerate sind praktisch unbegrenzt haltbar.

### Trockene Plastizierung

Einlagefreier Altkautschuk wird häufig auch in der Weise plastiziert, daß man 100 Teile des gemahlene Altstoffs mit 3 bis 5 Teilen eines Plastizierungsmittels versetzt und in einem mit Heizmantel versehenen Knetter 4 bis 5 Stunden lang durch Heißdampf von 4 bis 5 Atmosphären erwärmt. Da diese Aufbereitungsweise ohne große Anlagen in den eigenen Betrieben der Fertigwarenfabriken in einem für den Eigenbedarf entsprechenden Umfange leicht durchgeführt werden kann, wird sie seit den ersten Anfängen der Kautschukindustrie vielfach angewendet.

Die Wirkung der Plastizierungsmittel beruht auf ihrem Lösevermögen für Kautschuk. Weil in diesem Falle das Plastizierungsmittel in der Masse verbleibt, können nur Stoffe verwendet werden, die an sich gute Zusatzstoffe für Kautschukrohnmischungen sind. Die mannigfachsten Stoffe sind als **P l a s t i z i e r u n g s m i t t e l** empfohlen und angewendet worden, beispielsweise hochsiedende Paraffin- und Petroleumkohlenwasserstoffe, tierische und pflanzliche Fette, hochmolekulare Alkohole, Phenole u. a. Viele dieser Stoffe ergeben Regenerate, die in frischem Zustande den Eindruck eines besonders hochwertigen, gut verarbeitbaren

Regenerats erwecken, beim Lagern aber oder nach der Verarbeitung zur Fertigware sich als unbrauchbar erweisen. Diese Gefahr liegt besonders dann vor, wenn das verwendete Plastizierungsmittel Olefine oder andere ungesättigte Verbindungen enthält. Solche Stoffe wirken, auch wenn sie nur in sehr geringen Mengen zugegen sind, bei der Alterung als kräftige Katalysatoren. Zuweilen werden Regenerate, die unter Verwendung olefinhaltigen Mineralöls als Plastizierungsmittel hergestellt sind, schon nach kurzer Zeit bis ins Innere hinein hart wie ein Brett. Aber auch Alterungserscheinungen, die auf einer Verkrustung der Oberfläche beschränkt geblieben sind, machen die betreffenden Regenerate unverwendbar.

Wird, wie es geschehen muß, auf die Lagerfähigkeit der Regenerate und auf das Verhalten des in diesen enthaltenen Plastizierungsmittels als Zusatzstoff in der Fertigware die erforderliche Rücksicht genommen, so bleiben die bei solcher Bearbeitungsweise sich bewährenden Plastizierungsmittel auf eine geringe Anzahl beschränkt. An erster Stelle steht hier die Stearinsäure, die sich, aus noch nicht genügend geklärten Gründen, nicht nur durch gutes Plastizierungsvermögen, sondern auch als Zusatzstoff für Kautschukmischungen dadurch auszeichnet, daß sie in der Fertigware die Werte für Bruchfestigkeit und Bruchdehnung günstig beeinflusst. Ähnlich in ihrer Wirkung sind die durch Hydrierung aus tierischen Fetten (Tran) gewonnenen hochmolekularen Fettalkohole.

Das Anwendungsgebiet der Plastizierungsverfahren erstreckt sich vorwiegend auf die Aufbereitung solcher einlagefreien Altstoffe, die an sich hochwertig sind, aber nur in kleineren Mengen und nicht regelmäßig auf dem Markt erscheinen. Bei der Massenerzeugung von Regeneraten gelangen derartige Bearbeitungsweisen nur zur Anwendung, wenn es darauf ankommt, bei farbigen Altstoffen das Farbpigment in reiner Farbkraft unverändert zu erhalten, wenn beispielsweise aus roten Autoschläuchen leuchtend rote Regenerate gewonnen werden sollen. Bei der oben beschriebenen Behandlung mit wässriger Alkalilösung liefert dieser Altstoff braungefärbte Regenerate. Solange, wie es früher der Fall war, bei der Herstellung von Kautschukwaren als rotfärbendes Pigment ausschließlich Goldschwefel benutzt wurde, konnten die Antimonverbindungen aus dem roten Altstoff völlig herausgelöst werden. Die Regenerate aus roten Schläuchen wiesen dann eine helle, schwach bräunliche Färbung auf und konnten durch die üblichen Farbpigmente nicht nur wieder rot, sondern auch in jedem anderen Farbton eingefärbt werden. Die farbkräftigen Eisenoxyde, die seit einer Reihe von Jahren bei der Erzeugung von Kautschukwaren fast ausschließlich als rotes Farbpigment verwendet werden, erleiden bei den Regenerationstemperaturen einen Umschlag in ein dunkles Braun und verbleiben als Eisenoxyd im Regenerat. Soll die Färbung dieser Pigmente erhalten bleiben, so muß die Regenerationstemperatur stark herabgesetzt werden, was bei Trockenplastizierung geschehen kann.

### f) Besondere Eignung der verschiedenen Regenerate

Wie sich aus der vorstehenden Beschreibung der verschiedenen Regenerierverfahren ergibt, hängt es ausschlaggebend von der Art des zu



verarbeitenden Altstoffs ab, welche Verarbeitungsweise im Einzelfalle die technisch und wirtschaftlich am besten geeignete ist. Das Lösungsverfahren scheidet von vornherein bei allen einlagefreien und darum nur zu plastizierenden Altstoffen aus. Bei Altstoffen anderer Art ist es, neben der Rücksicht auf die leichteste Art der Verarbeitung, der Verwendungszweck des erzeugten Regenerats, der die Wahl des Verfahrens bestimmt. Die Eigenschaften der aus dem gleichen Ausgangsstoff gewonnenen Regenerate sind, worauf bereits oben hingewiesen wurde, sehr weitgehend von der Verarbeitungsweise abhängig, ohne daß deshalb die eine oder die andere Verarbeitungsweise allgemein als die zu günstigsten Ergebnissen führende betrachtet werden darf.

Die Hauptmenge der erzeugten Regenerate wird wie Rohkautschuk zu Kraftwagenbereifungen verarbeitet, und zwar vorwiegend als Zusatzstoff für Laufflächen- und Vollreifenmischungen. An Kraftwagenbereifungen werden in bezug auf Zugfestigkeit und Zermübwiderstand des Erzeugnisses Ansprüche gestellt, wie kaum an eine andere Kautschukware. Andererseits ist die Anwesenheit feinkörniger Mineralstoffe oder sehr kleiner Metallsplitter nicht von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grunde sind es überwiegend Alkaliregenerate, die erzeugt und besonders bei der Herstellung von Bereifungen verarbeitet werden.

Die nur bei Lösungsregeneraten erzielbare äußerste Reinheit, die Abwesenheit aller nicht kolloider Begleitstoffe, das niedrige spezifische Gewicht und die Feinheit des Gefüges bedingen es, daß Lösungsregenerate für Zwecke nutzbar gemacht werden können, bei denen Alkali- und Regenerate jeder anderen Art ungeeignet sind. Für die Kabelindustrie ist die Tatsache, daß bei Lösungsregeneraten die völlige Abwesenheit von Metallsplintern gewährleistet werden kann, bedeutungsvoll. Beim Alkali- und allen anderen Verfahren, bei denen der Kautschukanteil die feste Form beibehält, die er im Altkautschuk besitzt, können durch Filtration mittels der Regeneratspritzmaschine wohl die gröberen, nicht aber die feinsten metallischen und sonstigen Verunreinigungen beseitigt werden. Die Überführung in den flüssigen Zustand beim Lösungsverfahren bedingt es dagegen, daß ohne besondere Arbeitsleistung alle nicht kolloiden Begleitstoffe ausgeschieden werden. Darum können auch aus stark verunreinigten und stark mit Mineralstoffen beschwerten Altstoffen, selbst aus so verschiedenartig zusammengesetzten und geringwertigen Ausgangsstoffen, wie es die im Handel als »dunkle Abfälle mit Einlage« bezeichneten Altstoffe sind, reine und spezifisch leichte Regenerate gewonnen werden. Auch die von den Autodecken abgetrennten Wulste, die für Regenerierwerke, die sich auf die Anwendung des Alkaliverfahrens beschränken, einen lästigen Abfall bilden, sind für die Gewinnung von Lösungsregenerat ein gut geeigneter Ausgangsstoff.

Die völlige Reinheit und die Feinheit des Gefüges der Lösungsregenerate sind auch bei der Hartkautschukerzeugung von entscheidender Bedeutung. Nur bei sehr geringwertigen, stark mit Mineralstoffen gefüllten Hartkautschukwaren, z. B. Akkumulatorenkästen, können Alkaliregenerate Verwendung finden. Aus Lösungsregeneraten dagegen können auch ohne Zusatz von Rohkautschuk auf Hochglanz polierbare Hartkautschuk-

waren hergestellt werden. Die Feinheit des Gefüges tritt bei hochwertigen Lösungsregeneraten schon im Rohzustand durch den Glanz der frischen Schnittfläche in die Erscheinung.

Ein anderes, den Alkaliregeneraten verschlossenes Verwendungsgebiet für Lösungsregenerate sind die sogenannten Streichmischungen. Auch hier machen sich neben dem Einfluß, den das Regenerierverfahren auf das Verhalten der Erzeugnisse gegen Lösungsmittel ausübt, die Einheitlichkeit und Gleichmäßigkeit der Lösungsregenerate vorteilhaft geltend.

Die Überlegenheit der Lösungsregenerate ergibt sich schon aus dem verhältnismäßig niedrigen spezifischen Gewicht. Bei den aus Decken gewonnenen Alkaliregeneraten (vgl. den folgenden Abschnitt) ist das spezifische Gewicht 1,18 das niedrigste. Aus Autokarkassen aber können mittels des Lösungsverfahrens Regenerate gewonnen werden, deren spezifisches Gewicht unter 1,0 liegt, die also wie Rohkautschuk schwimmend sind.

Regeneratlösungen können auch als solche mannigfachen Verwendungszwecken dienen, bei denen die Verarbeitung von Altstoffen und Regeneraten sonst nicht in Betracht kommt. Hier ist zunächst auf die Verwendung als Imprägnierungsmittel hinzuweisen. Der niedrige Viskositätsgrad auch konzentrierter Regeneratlösungen ermöglicht eine wirkliche Durchtränkung pflanzlicher Fasern in dem Sinne, daß der Kautschuk sich nicht nur, wie bei der Ausscheidung aus einer Rohquellung, auf der Oberfläche der Faser auflagert, sondern tief ins Innere der Faser eindringt. Dieser Unterschied eröffnet für den Kautschuk Verwendungsmöglichkeiten, die ihm sonst verschlossen sind. (Vgl. hierzu das D. R. P. 383 431.) Besonders bewährt hat sich die Verarbeitung konzentrierter Regeneratlösungen bei der Herstellung von Kunstleder.

In erheblichem Umfange können Regeneratlösungen auch zu Lacken verarbeitet werden. Wird dem gelösten Kautschuk durch Erhitzen mit Schwefel ein dem Hartkautschuk sich nähernder Vulkanisationsgrad erteilt, was möglich ist, ohne daß der Kautschuk sich ausscheidet, so entstehen unmittelbar als Lacke verwendbare Lösungen. Die mit einer solchen Lösung erhaltenen Aufstriche sind hochglänzend und von besonderer Widerstandsfähigkeit. Ihr Anwendungsgebiet wird dadurch beschränkt, daß solche Lösungen dunkel und nicht beliebig einfärbbar sind.

#### g) Verarbeitung von Autodecken nach vereinigten Verfahren

Die im vorstehenden Abschnitt behandelte Verschiedenartigkeit der aus gleichem Ausgangsstoff gewonnenen Regenerate, die Mannigfaltigkeit der Verwendungsmöglichkeiten und die Rücksicht auf restlose Ausnutzung der im Altstoff enthaltenen Rohstoffe bedingen es, daß Autodecken, der für die Massengewinnung von Regeneraten vorwiegend in Betracht kommende Ausgangsstoff, am besten und besonders wirtschaftlich verarbeitet werden, wenn sie in die verschiedenartigen Anteile zerlegt und diese, je nach ihrer Art, in Alkali- oder in Lösungsregenerat übergeführt werden.

Die bereits oben (siehe Seite 345) als empfehlenswert bezeichnete Aufteilung in Protektor, Karkasse und Wulst ist hierfür notwendige Voraus-



setzung. Das Verhältnis, in dem diese drei Teile der Decke dem Gewicht nach zueinander stehen, schwankt mit der Profilgröße der Decken. Im Durchschnitt ergeben 100 Gewichtsteile Altstoff etwa 45 Teile Protektor, 40 Teile Karkasse und 15 Teile Wulst. Der überwiegende Teil der gewebefreien Kautschukmasse verbleibt beim Protektor, der Gewebeanteil fast in voller Menge bei der abgetrennten Karkasse. Der Protektor enthält nur noch kleine Anteile vom Stoffgerippe, weil bei der Spaltung der Schnitt nicht scharf an der Berührungsstelle von Protektor und Karkasse geführt werden kann.

Für die Aufarbeitung des Protektors kommt ausschließlich das Alkaliverfahren in Betracht. Die Abwesenheit der Hauptmenge des Gewebeanteils der Decke ermöglicht es, das Verhältnis Altstoff zu Lauge auf etwa 1 : 2 zu steigern, wodurch beim einzelnen Arbeitsvorgang die Regeneratausbeute erhöht, der Alkaliverbrauch herabgesetzt wird.

Bei der Karkasse ist die Anwendung des Lösungsverfahrens in erster Linie zu empfehlen, weil dann der mehr als die halbe Gewichtsmenge bildende Gewebeanteil in gut ausnutzbarer Form wiedergewonnen wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der aus fast reiner Kautschukmasse bestehende Kautschukanteil ein Lösungsregenerat von sehr niedrigem spezifischen Gewicht und von auch sonst hervorragenden Eigenschaften liefert.

Die abgetrennten Karkassen werden vor der Verarbeitung noch weiter in helle und dunkle geschieden. Der Umstand, daß auch die Karkassen verschiedene Färbung aufweisen, ist darauf zurückzuführen, daß manche Autoreifenfabriken beim Aufbau der Stoffgerippe Streichmischungen verwenden, die kleine Mengen von Bleiglätte enthalten. Diese beeinflussen zwar das spezifische Gewicht der aus dem Altstoff gewonnenen Regenerate nur unwesentlich, aber die Bildung von Bleisulfid bei der Vulkanisation bedingt eine erhebliche Dunkelfärbung, weil das entstandene Bleisulfid in feinsten kolloidaler Form in der Masse verteilt ist. Die hellen Karkassen ergeben ein schwimmendes, in jedem Farbton einfärbbares Regenerat.

Auch aus den bei Anwendung des Alkaliverfahrens völlig unverwendbaren Wulsten erhält man ein gutes Lösungsregenerat in einer Ausbeute von etwa 40%.

Bei dieser Art von Aufbereitung des Deckenanfalls werden Alkali-regenerat, Lösungsregenerat und wieder verwertbares Gewebe in den folgenden Mengenverhältnissen gewonnen:

Ausgangsstoff (Autodecken)	Ausbeuten			Verlust	
	Teile	Alkali- regenerat Teile	Lösungs- regenerat Teile	Gewebe Teile	Teile
Lauffläche (Protektor)	45	40	—	—	5
Karkasse (Stoffgerippe)	40	—	18	22 (rein)	—
Wulst	15	—	7	8 (unrein)	—
	100	40	25	30	5

## h) Formen und Handelsbezeichnungen der Regenerate

Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, werden Alkaliregenerate meist in quadratischen oder rechteckigen, 20 bis 50 mm dicken Platten, Lösungsregenerate in Form von 10 bis 20 kg schweren Blöcken in den Handel gebracht. Zuweilen, beispielsweise aus Rücksicht auf zollamtliche Behandlung der Ware, ist es wünschenswert, die Plattenform zu vermeiden. Dies kann leicht geschehen. So kann man auf der Fertigwalze die Regenerathäutchen sich zu Strängen von 50 bis 100 mm Dicke aufrollen lassen, die als solche die Handelsform bilden können. Läßt man die Masse nach der Endplastizierung auf der Fertigwalze noch einmal durch die Filtermaschine laufen, so erhält man sie in Form feiner Fäden, die, durch leichten Druck zu größeren Stücken vereinigt, in den Handel gebracht werden. Für die stoffliche Beschaffenheit und die Weiterverarbeitung des Regenerats sind diese Verschiedenheiten der Form ohne Bedeutung.

Die verschiedenen Erzeugungsstätten bringen ihre Regenerate unter besonderen Markenbezeichnungen in den Handel. In Amerika, dem klassischen Land der Regeneraterzeugung, hat sich eine die verschiedenartigen Erzeugnisse zusammenfassende Einteilung der Regenerate eingebürgert, die den in den amerikanischen Fachzeitschriften regelmäßig veröffentlichten Preisnotierungen zugrunde gelegt wird. Für diese Einteilung bilden neben den Ausgangsstoffen das spezifische Gewicht, die Feinheit der Verarbeitung (washed) sowie von den physikalischen Eigenschaften Zugfestigkeit und Dehnungsfähigkeit die Grundlage. Diese Einteilung wird im folgenden wiedergegeben:

A u t o T i r e (Deckenregenerate)	Specific Gravity
Black . . . . .	1,21
Black washed . . . . .	1,18
Black selected tires . . . . .	1,20
Dark gray . . . . .	1,38
Light gray . . . . .	1,38
Wight . . . . .	1,40
H i g h T e n s i l e (Deckenregenerate von besonderer Zugfestigkeit)	
Super-reclaim Nr. 1 Black . . . . .	1,20
Super-reclaim Nr. 2 Black . . . . .	1,20
High tensile red . . . . .	1,20
S h o e (Gummischuh- bzw. Galoschenregenerate)	
Unwashed . . . . .	1,60
Washed . . . . .	1,50
T u b e (Luftschlauchregenerate)	
Nr. 1 . . . . .	1,00
Nr. 2 . . . . .	1,18
M i s c e l l a n e o u s (Verschiedene Regenerate)	
Red . . . . .	1,35
Truck tire heavy gravity (Vollreifen) . . . . .	1,55
Truck tire light gravity . . . . .	1,40
Mechanical blends (technische Abfälle) . . . . .	1,60



Es kann auffallend erscheinen, daß in der vorstehenden Aufstellung die aus Gummischuhen gewonnenen Regenerate ein besonders hohes spezifisches Gewicht aufweisen, was im allgemeinen ein Kennzeichen der Minderwertigkeit der betreffenden Regenerate ist. Hier wird das hohe spezifische Gewicht durch in beträchtlicher Menge vorhandene Bleiglätte bedingt, deren Gegenwart erwünscht ist, weil solche Regenerate vorwiegend von Gummischuhfabriken wieder zu Sohlenmischungen verarbeitet werden. Eine Scheidung des Anfalls an alten Gummischuhen in die sehr verschiedenartigen Teile, wie sie in früheren Jahren üblich war, wo Gummischuhe den wichtigsten Ausgangsstoff für die Regeneraterzeugung darstellten, wird nicht mehr vorgenommen.

### i) Prüfung und Begutachtung der Regenerate

Das spezifische Gewicht gibt am schnellsten einen gewissen Anhalt dafür, ob es sich um ein an mineralischen Beimengungen reiches oder um ein mineralstoffarmes, voraussichtlich kautschukreiches Regenerat handelt. Die sachgemäße und erschöpfende Begutachtung erfordert eingehende chemische Prüfungen des Regenerats als solches und physikalische Untersuchungen einer durch Vulkanisation aus diesem gewonnenen Probe. Der Natur der Kautschukwaren entsprechend sind die letzteren von entscheidenderer Bedeutung.

Analytisch werden ermittelt der Mineralstoffgehalt, meist durch Veraschung, der Gehalt an acetonlöslichen, an chloroformlöslichen Stoffen, an Stoffen, die durch alkoholische Laugen verseifbar sind, und dann aus der Differenz der Kautschukgehalt. In Hinsicht auf die anzuwendenden Prüfungsverfahren macht es keinerlei Unterschied, ob es sich um ein Regenerat oder um ein vulkanisiertes Kautschukerzeugnis handelt.

Von nebensächlicher Bedeutung ist die Bestimmung des Vulkanisationskoeffizienten, die Ermittlungen des Gesamtschwefels, des Aschenschwefels und des Schwefels in den verschiedenen Extrakten erforderlich macht. Freier Schwefel ist in Regeneraten nicht vorhanden. Spuren, die im Altkautschuk festgestellt werden könnten, werden bei der Alkalibehandlung herausgelöst, soweit sie nicht als Folge der bei jeder Art von Regenerierverfahren vorgenommenen langdauernden Erwärmung auf Vulkanisationstemperatur an den Kautschuk angelagert werden. Der zwischen etwa 3 und 5 schwankende Vulkanisationskoeffizient gibt auch deshalb keinen Maßstab für die Güte und Verwendbarkeit der Regenerate, weil er weder die Plastizität, noch die physikalischen Eigenschaften der Fertigware beeinflusst.

Die wichtigsten Feststellungen, die zur Begutachtung eines Regenerats gemacht werden müssen, sind die Prüfung des Verhaltens beim Altern sowie die Ermittlung von Bruchfestigkeit und Bruchdehnung an der vulkanisierten Probe. Auch die hierfür bei der Begutachtung von Regeneraten anzuwendenden Prüfungsverfahren sind in keiner Weise unterschieden von den bei der Prüfung von Kautschukerzeugnissen gebräuchlichen. Sie sind an anderen Stellen dieses Werkes (Seite 101 ff.) beschrieben worden.

# FAKTIS

VON DR. WALTER ALEXANDER, ALTONA-BLANKENESE

## 1. Einleitung und allgemeine Beschreibung

Unter den zahlreichen Füllmitteln, die in der Kautschuktechnik Verwendung finden, nehmen die als Faktis, auch Ölkautschuk, Substitute, bezeichneten Stoffe eine wichtige Stellung ein, weil sie durch Elastizität und Walzbarkeit dem Kautschuk besonders ähnliche, spezifisch leichte Produkte sind. Schon ihr Name, der französisch Factice bzw. Caoutchouc-Factice lautet, englisch India-Rubber-Substitute, deutet darauf hin, daß sie als künstlicher Kautschuk, als Kautschukersatz gelten sollen.

Diese Produkte sind in zwei äußerlich und chemisch verschiedenen Arten, nämlich als weißer und brauner Faktis, im Handel.

Der weiße Faktis ist die Verbindung eines fetten Öles mit Chlorschwefel und kommt vielfach in Form von elastischen, porösen, lockeren, leicht zerreiblichen Flocken vor oder als weißes bis gelbliches, elastisches Pulver. In dieser letzteren Gestalt, oft mehlfein gemahlen, wird der Faktis meistens gebraucht, weil er sich so besser mit Gummi vermischen läßt. Schwach gerieben oder nur gedrückt zeigt das Faktismehl starke elektrische Abstoßung oder Anziehung. In dichteren Stücken, wie er bei der Fabrikation zuerst anfällt, hat der weiße Faktis eigentlich eine Bernsteinfarbe und ist dabei halbdurchscheinend in dem Farbton des Öles, das den Faktis bildet. Das Faktispulver ist trocken und fettet nicht, aber für bestimmte Zwecke wird der weiße Faktis auch weich bis klebend gebraucht. Weißer Faktis hat einen schwachen Geruch nach dem Öl, aus dem er hergestellt ist.

Der braune Faktis, das Kondensationsprodukt aus fetten Ölen und Schwefel, ist schon durch die Farbe, dann durch den Geruch und die im allgemeinen größere Weichheit und Geschmeidigkeit von dem weißen oder Chlorschwefel-Faktis verschieden. Man erhält den braunen Faktis meistens in großen braunen bis schwarzen, elastischen Stücken, die leicht zerteilbar sind und einen an Schwefelwasserstoff erinnernden Geruch haben, der sich freilich bei längerem Lagern verliert. Brauner Faktis läßt sich, da er weicher ist, noch leichter zerkleinern und walzen als weißer Faktis. Mit Kautschuk lassen sich beide Arten auf Mischwalzen in erheblich großen Mengen zu einer sehr homogenen Masse vereinigen. Auch brauner Faktis kommt bisweilen in gemahlener, krümeliger Form in den Handel, gewisse Sorten sogar als ein sehr feines hellgelbes Pulver, das eben wegen seiner hellen Farbe besonders geschätzt wird. Auch dieses Pulver wird durch Reiben oder Drücken stark elektrisch.

Abarten von braunem Faktis sind stark klebende, doch immer noch gelatinöse Qualitäten, die geeignet sind, große Mengen trockener, mineralischer Füllstoffe aufzunehmen und damit zugleich der Mischung mit Kautschuk einzuverleiben.



## 2. Allgemeine Darstellungsweise des weißen und braunen Faktis

Schon in der alten Pharmacopoe wird die Herstellung von Oleum Lini sulfuratum und von Balsamum sulfuri beschrieben, die als Heilmittel für Hautkrankheiten empfohlen werden. Auf die industrielle Verwendbarkeit geschwefelter Öle soll gegen 1847 *Andersen* zuerst hingewiesen haben. Später haben *Nucklés* und *Rocheder* die Tatsache bekanntgemacht, daß man bei gewöhnlicher Temperatur mit einer gewissen Menge Chlorschwefel aus Öl eine dem Kautschuk ähnliche Verbindung erhält. *Parkes*, der Entdecker der Vulkanisation des Kautschuks mit Chlorschwefel, hat dann diese Studien fortgesetzt und die Analogie der Vulkanisation der Öle mit der des Kautschuks erkannt. Im Jahre 1858 hat endlich *Roussin* in der Akademie der Wissenschaften von Paris eine Arbeit vorgelegt, die in großen Zügen die Technik der Fabrikation des Faktis mit Chlorschwefel angibt. So hat er schon festgestellt, daß hundert Teile Leinöl mit 25 Teilen Chlorschwefel ein festes Produkt geben, während mit 15 Teilen Chlorschwefel nur ein weiches, mit 5 Teilen ein noch flüssiges, viskoses Produkt entsteht. Industrielle Verwendung scheint das Chlorschwefelprodukt schon sehr früh durch *Grammont* gefunden zu haben, der elastische Druckerwalzen daraus herstellte, wie sie noch heute für den gleichen Zweck fabriziert werden.

Seit 1855 scheint sich von England aus auch die Herstellung von braunem Faktis, und zwar aus Rüböl und Schwefel, verbreitet zu haben. Dort und in Frankreich sind die ersten Spezialfabriken für Faktis entstanden, während aber gleichzeitig sehr viele Gummifabriken ihren Faktisbedarf nach primitiven Methoden selbst herstellten. Deutschland bezog den Faktis, soweit er nicht in den einzelnen Gummifabriken selbst gemacht wurde, bis etwa 1900 meist aus England und Frankreich. Als aber um diese Zeit eine leistungsfähige deutsche Faktisindustrie entstand, ging der Import nach Deutschland bald zurück. Der Bedarf war erheblich, als der Kautschuk noch hoch im Preise stand, und auf mehrere Millionen Kilo jährlich zu schätzen. Nach dem Weltkriege und seit dem Preissturz des Kautschuks hat der Faktis als Verbilligungsmittel an Bedeutung eingebüßt, doch ist seine Verwendung so eng mit der Qualitätseigenart der Kautschukware und mit der Fabrikationstechnik derselben verbunden, daß Faktis immer ein wichtiger Zusatz für die Herstellung vieler Gummiartikel sein wird.

**Weißer Faktis** entsteht durch Vermischen von ungesättigten, fetten Ölen mit Chlorschwefel unter Entbindung nicht unerheblicher Wärmemengen. Für jedes Öl gibt es eine Höchstmenge Chlorschwefel, mit der es einen festen Faktis bildet, während darüber hinaus kein Chlorschwefel mehr fixiert wird, sondern im Faktis unverändert gelöst bleibt und nur durch Abdunsten entfernt werden kann. Man kann geradezu von einer Chlorschwefelzahl eines Öles sprechen.

Höchstgehalt an		Höchstgehalt an	
Weißer Faktis aus: Chlorschwefel in ‰:		Weißer Faktis aus: Chlorschwefel in ‰:	
Leinöl:	30	Olivenöl:	25
Colzaöl:	25	Rizinusöl:	25
Cottonöl:	45		

Andererseits gibt es für jedes Öl wieder eine bestimmte Menge Chlorschwefel, mit der es noch gerade flüssig bleibt, ohne zu gelatinieren. Diese beträgt etwa ein Drittel der Höchstmenge.

Alle dazwischen liegenden Stufen sind Gele mit mehr oder weniger Gehalt an flüssigen, mit Aceton, Benzol oder ähnlichen Lösungsmitteln extrahierbaren Anteilen. Diese sind jedoch nicht etwa unverändertes Öl, sondern enthalten immer Chlorschwefel gebunden. Je mehr Chlorschwefel nun ein Faktis enthält, um so geringer ist der in Aceton lösliche Anteil, der z. B. bei Rüböl-Faktis auf 2 bis 3% heruntergehen kann. Das extrahierte Produkt ist nicht nur im Aceton, sondern in allen gewöhnlichen Lösungsmitteln, die es nicht zersetzen, unlöslich, doch quillt es mit einigen derselben stark auf.

Es ist vorgeschlagen worden, von dieser Eigenschaft des weißen Faktis für die Herstellung von Sicherheitssprengstoffen Gebrauch zu machen, indem man Nitroglyzerin von dem elastischen und daher wenig stoßempfindlichen Faktis aufsaugen und in ihm aufquellen läßt. Da aber der gewöhnliche weiße Chlorschwefel-Faktis zu schwer verbrennlich ist, eignet sich für diesen Zweck besser eine andere Faktisart, über die bei dieser Gelegenheit kurz berichtet werden soll. Wenn man chinesisches Holzöl ohne Einwirkung von Chlorschwefel oder Schwefel für sich allein auf 300° einige Zeit erhitzt, so erhält man rein durch Polymerisation ein höchst elastisches, dem weißen Chlorschwefel-Faktis äußerlich fast gleiches Produkt, das rein organischer Natur ist und daher sehr leicht verbrennlich. Der völlig neutrale Charakter dieses Produktes hat eine früher sehr bekannte französische Faktisfabrik, die es unter dem Namen *ambre flottant* in den Handel brachte, dazu veranlaßt, es als Faktis in die Kautschukindustrie einzuführen. Aber man hat sehr schlechte Erfahrungen damit gemacht, denn der Holzöl-Faktis bewahrt nicht nur hartnäckig den häßlichen Geruch des Holzöles, sondern zieht so begierig Sauerstoff aus der Luft an, daß die Gummiwaren rasch durch Oxydation verderben; gemahlen in Haufen gelagert entzündet er sich sogar von selbst.

Erhitzt man ungesättigte, fette Öle mit Schwefel auf Temperaturen von 130° bis 170°, so verfestigen sie sich unter Dunkelfärbung zu **braunem Faktis**. Da dieser Prozeß eine gewisse Ähnlichkeit mit der warmen Vulkanisation des Kautschuks hat, so wie die Einwirkung des Chlorschwefels auf fette Öle mit der kalten Vulkanisation des Kautschuks, nennt man Faktis überhaupt auch vulkanisierte Öle.

Auch bei der Bildung des braunen Faktis sind die Schwefelmengen, mit denen sich die fetten Öle zu einem festen Faktis vereinigen, verschieden, je nach der Natur der Öle. 100 Teile Rüböl geben z. B. schon mit 10 Teilen Schwefel ein festes Produkt, nehmen aber höchstens 25 Teile Schwefel in chemischer Bindung auf. 100 Teile Cottonöl dagegen bleiben mit 20 Teilen Schwefel schmierig. Im allgemeinen besteht dabei eine Parallelität zu den feste Produkte bildenden Mengen Chlorschwefel, doch gibt es auch Ausnahmen. So bilden 100 Teile Leinöl mit 20 Teilen Schwefel erhitzt trockenen, braunen Faktis, mit 20 Teilen Chlorschwefel vermischt aber nur einen weichen, klebrigen, weißen



Faktis. Sehr geringe Mengen Schwefel brauchen oxydierte oder durch Erhitzen stark polymerisierte Öle zum Festwerden.

Ogleich für die Einleitung der Reaktion zwischen Ölen und Schwefel erhebliche Wärmemengen nötig sind, verläuft die Bildung des Faktis stark exotherm.

Beide Arten Faktis, der weiße und der braune, sind hochpolymerisierte Verbindungen und echte Gele mit allen charakteristischen Eigenschaften derselben. In allen organischen Lösungsmitteln sind sie unlöslich, sie sind beständig gegen verdünnte Säuren und Alkalien, gegen Wasser und Luft. Weißer Faktis enthält meist Zusätze von Erdalkalien und Karbonaten, um ihn säurefrei zu erhalten, denn unter dem Einfluß von Luft und Feuchtigkeit spaltet er immerhin etwas Salzsäure ab und könnte dadurch auf gummierte Stoffe schädlich einwirken. Brauner Faktis dagegen ist fast immer außerordentlich inaktiv und bleibt Jahrzehnte unverändert. Es ist interessant, daß geschwefeltes Leinöl sich nicht mehr weiter oxydiert und seine Trockenfähigkeit vollständig verloren hat. Nicht so verhält sich mit Chlorschwefel hergestellter Leinölfaktis, der an der Luft bald sandig trocken wird und seine Elastizität einbüßt. Ungünstig verhält sich aber auch geblasenes, d. h. vorher durch Sauerstoff der Luft oxydiertes Leinöl oder Rüböl. Die aus solchen Ölen hergestellten, meist sehr hellen Faktisse oxydieren sich an der Luft weiter und bringen, mit Gummi vermischt, die ganze Mischung schnell zum Verderben. Dagegen ist der aus Leinöl-Standöl hergestellte Schwefel-Faktis durchaus haltbar.

Manche Sorten Faktis enthalten auch Mineralöl, das an der Reaktion nicht teilgenommen hat, also nur als Füllmittel im Faktis vorhanden ist. Man kann dem Faktis bis 50% Mineralöl einverleiben und ihn dadurch spezifisch leichter und zerreiblicher machen, ohne daß Mineralöl aus dem Faktis austritt oder ausschwitzt und ohne daß es sich überhaupt mechanisch entfernen läßt. Das ist für die technische Verarbeitung des Faktis und zugleich für die Möglichkeit, Mineralöl in Kautschukmischungen einzubringen, ohne diese zu erweichen, nicht ohne Wert.

### 3. Bemerkungen zur Analyse des Faktis

Bei der hohen Anforderung, die in den Gummifabriken an die Rohstoffe gestellt werden, genügt die Berücksichtigung der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen äußeren Beschaffenheiten zur Beurteilung des Faktis nicht mehr. Je größer und rationeller die Herstellung der Gummiartikel betrieben wird, um so wichtiger ist eine durchaus gleichmäßige, kontrollierbare Beschaffenheit auch des Faktis.

Für die Beurteilung eines Faktis ist zunächst maßgebend der Verwendungszweck, denn eines schickt sich nicht für alle. Wesentlich aber ist immer gleichmäßige Beschaffenheit und Sauberkeit, charakteristisch Farbe, Geruch, spezifisches Gewicht, Verhalten beim Erhitzen, ferner Gehalt an freiem Öl, an unverseifbaren Bestandteilen und an freiem Schwefel. Weißer Faktis soll auch keine saure Reaktion geben.

Mechanische Verunreinigungen sind nicht immer mit dem bloßen Auge zu erkennen, auch dann nicht, wenn man den Faktis in gemahlenem Zu-

stande untersuchen will, weil kleine Verunreinigungen, die erst in der fertigen Gummiplatte bei Aufsicht oder Durchsicht in Erscheinung treten, von dem Faktispulver umhüllt werden. Um sie zu finden, reibt man den gemahlene Faktis mit einem Quellungsmittel, am besten Terpentinöl, zu einem Brei an, wodurch er transparent wird und bringt ihn zwischen Glasplatten, die man im durchfallenden Licht, gegebenenfalls mit der Lupe, betrachtet. Grobe Teilchen aus dem Neutralisationsmittel oder andere Verunreinigungen erscheinen dann dunkel auf hellem Grunde. Über die chemische und physikalische Untersuchung von Faktis gibt es eine Reihe von Angaben und Arbeiten, die bereits in den bekannten Lehrbüchern über Kautschuktechnologie von Dittmar und von Heil und Esch, sowie auch in der Lunge-Berlischen Technologie veröffentlicht worden sind. Umfassender ist jedoch die Untersuchung, die kürzlich in der Zeitschrift »Kautschuk«, 7. Jahrgang, Nr. 3, Seite 48 erschienen ist: „Über die Untersuchung von Faktis“ aus dem Laboratorium der Deutschen Ölfabrik Dr. Grandel & Co., Hamburg, auf die hier besonders hingewiesen wird. Nur einige wichtigere Einzelheiten, die größtenteils dieser Arbeit entnommen sind und für die Technik wertvoll erscheinen, sollen hier besprochen werden.

Für den Fall, daß helle Gummiware erzeugt werden soll, ist die Farbe des Faktis von Bedeutung. Doch ist dabei zu beachten, daß das Licht stark bleichend auf Faktis wirkt, so daß Vergleichsproben dunkel aufbewahrt werden müssen.

Der Geruch eines Faktis wird bestimmt durch den Geruch der verwendeten Öle. Selbst im braunen Faktis tritt dieser noch auf, und zwar neben dem eigenartigen Geruch der Schwefelverbindung der Öle. Frischer Faktis riecht oft nach Schwefelwasserstoff, verliert aber diesen Geruch bei der Zerkleinerung und beim Lagern.

Der Feuchtigkeitsgehalt des Faktis soll 2% nicht überschreiten, doch ist zu beachten, daß weißer Faktis in gemahlenem Zustande etwa 2% Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Für die Vulkanisation ist das nicht nachteilig. Man hat im Gegenteil beobachtet, daß einige Prozent Wasser in der Mischung vorteilhaft wirken. Man bestimmt die Feuchtigkeit häufig durch Erhitzen auf 110° im Trockenschrank, obgleich die Bestimmung auch andere Gewichtsverluste, z. B. von flüssigen Lösungsmitteln, anzeigt. Jedenfalls ist ein Faktis, der 2 bis 3% Gewichtsverlust ergibt, noch nicht zu beanstanden.

Das spezifische Gewicht eines Stückes braunen Faktis wird in bekannter Weise mit der Mohrschen Waage bestimmt, falls nicht von vornherein verlangt wird, daß der Faktis leichter als Wasser sein soll, also schwimmend. Viele als schwimmend bezeichnete Faktisarten halten sich gerade auf der Grenze, so daß die Bestimmungen oft unsicher sind, zumal Faktis selten ganz frei von Gaseinschlüssen ist.

Von den mineralölfreien, braunen Faktisarten ist nur ein Rübölfaktis mit 10% Schwefel noch gerade schwimmend, aus anderen Ölen kann man nur durch Zusatz von Mineralöl schwimmenden Faktis erzeugen.



Das spezifische Gewicht eines gemahlene weißen Faktis läßt sich nur indirekt durch Ermittlung des spezifischen Gewichtes einer Salzlösung bestimmen, in der der Faktis gerade noch schwebt.

Wichtig ist das Verhalten des Faktis in der Hitze bzw. bei der Vulkanisationstemperatur. Weißer Faktis für heiße Vulkanisation soll bei 130° seine Farbe innerhalb einer Stunde wenig verändern, brauner Faktis nicht weicher werden. Die gewöhnliche Prüfung durch Erhitzung im offenen Schälchen auf 130° im Trockenschrank ist irreführend, denn Faktis wird ja stets in Mischung mit Kautschuk gewöhnlich in Wasserdampf, selten in Luft, auf die Vulkanisationstemperatur erhitzt. Wenn man aber keine Probemischung herstellen und diese erhitzen kann, so sollte man die Prüfung des Faktis auf Hitzebeständigkeit wenigstens in einem geschlossenen Gefäß vornehmen, besonders bei gemahlenem, weißen Faktis.

Auf Säure prüft man weißen Faktis am besten durch Schütteln mit Wasser, dem einige Tropfen Lakmuslösung beigelegt sind. Phenolphthalein zeigt nur Alkaliüberschuß an, doch ist die Reaktion bei geringem Überschuß nicht zuverlässig, weil Phenolphthalein selbst von Faktis absorbiert wird. Starke Rötung mit Phenolphthalein, also Überschuß von Alkali, ist aber jedenfalls erwünscht, weil solcher Faktis lange säurefrei bleibt, denn jeder weiße Faktis spaltet dauernd geringe Mengen Salzsäure ab. Für braunen Faktis kommt eine Prüfung auf Säure nicht in Betracht.

Acetonextrakt und Gehalt an unverseifbaren Bestandteilen sind für die Beurteilung gleichmäßiger Herstellung des Faktis von erheblicher Bedeutung. Es ist üblich, 5 g Faktis 8 Stunden lang im Soxhletapparat zu extrahieren, um vergleichbare Zahlen zu erhalten. Verseift man den Extrakt in bekannter Weise mit alkoholischer Kalilauge, so läßt sich das Unverseifbare mit Petroläther ausschütteln und durch Abdampfen des letzteren bestimmen. Will man im Faktis nur den Gehalt an Unverseifbarem bestimmen, so kann man ihn auch direkt mit alkoholischer Kalilauge verseifen und dann in bekannter Weise weiterarbeiten.

Der Gehalt an freiem Schwefel ist die Schwefelmenge, die unverbunden, also elementar, im Acetonextrakt gefunden wird. Bei einem hochgeschwefelten Faktis kann sie immerhin mehrere Prozent ausmachen, meist beträgt sie 1 bis 2%. Für die Praxis ausreichend ist die einfache Bestimmungsmethode, den Acetonextrakt in reichlich Petroläther zu lösen und den sich dabei als unlöslich ausscheidenden Schwefel abzufiltrieren und zu wägen. Genauer wird die Bestimmung des freien Schwefels, wenn man den Schwefel aus dem Acetonextrakt des Faktis mit einem Gemisch von Benzol und Aceton (im Verhältnis 1 : 1), das mit Schwefel gesättigt ist, ausfällt.

Die Bestimmung des Gesamtschwefels im Faktis wird für den Techniker selten von Bedeutung sein. Sie erfolgt am besten nach den von Henriquez angegebenen, von Frank und Marckwald verbesserten Methoden. Auch der in der oben zitierten Arbeit über die Untersuchung von Faktis in der Zeitschrift »Kautschuk«, Jahrgang 7,

Nr. 3, Seite 51 angegebene Weg, der Oxydation mit Salpetersäure vermeidet, gibt genaue Resultate.

Wichtiger ist die Bestimmung des **Aschengehaltes** und eventuell auch die Analyse der gefundenen Asche, deren Ausführung jedem Chemiker geläufig ist.

#### 4. Anwendung des Faktis in der Industrie

Vor allen Füllmitteln zeichnet sich der Faktis besonders durch sein geringes spezifisches Gewicht und durch seine leichte Mischbarkeit mit Kautschuk aus, ferner auch dadurch, daß er den Kautschuk, ohne ihn merklich zu erweichen, höchst plastisch, leicht walzbar und spritzfähig macht und schließlich die Aufnahme großer Mengen anderer, trockener mineralischer Füllstoffe ermöglicht, durch die teils die Festigkeit des Vulkanisates erhöht, teils, wie im Radiergummi, die Abreibbarkeit ermöglicht wird. Wirtschaftlich von größter Bedeutung war bis vor kurzer Zeit noch der im Verhältnis zum Kautschuk sehr niedrige Preis von Faktis — betrug er doch lange Jahre hindurch nur etwa ein Zehntel, früher noch weniger, des Kautschukpreises. — Heute hat sich freilich dieses Verhältnis sehr zuungunsten des Faktis verschoben, dessen bessere Qualitäten oft mehr als doppelt so teuer sind wie Kautschuk. Es ist anzunehmen, daß sich in Zeiten normaler Wirtschaftsbeschäftigung dieses Verhältnis wieder stark ändert, etwa umkehren kann. Wie dem auch sei, der Kautschuktechniker hat selbst heute und in absehbarer Zeit keine Veranlassung, auf den Faktis als Kautschukersatz zu verzichten, zumal er in ihm ein durch keinen anderen Stoff ersetzbares Hilfsmittel für die Fabrikation besitzt.

Schon die erste Knet- und Walzarbeit wird durch Zusatz von Faktis außerordentlich erleichtert, Zeit und Kraft wird gespart. Zugleich erhält der Kautschuk diejenige Plastizität, die für die Einverleibung von mineralischen Füllstoffen und für die Formgebung höchst erwünscht, oft unerlässlich ist, so z. B. beim Spritzen von Schläuchen, beim Kalandrieren dünner Platten usw. Auch zur Erzielung gewisser Farbtöne ist Faktis nicht leicht zu entbehren. Die früher sehr geschätzten, dunkelbraunen, kaltvulkanisierten Artikel, wie Schläuche, Sauger, Handschuhe verdanken ihre Färbung nur den erheblichen Mengen an gefärbtem Faktis, mit dem die Mischung hergestellt wurde. Die Farbtöne gummierter Stoffe beruhen vielfach auf dem zugesetzten Faktis, der für solche Gummiwaren aber auch aus anderen Gründen unentbehrlich ist. Denn nur mit Hilfe von Faktis hergestellte Gummistoffe zeigen den geschätzten weichen Griff und sind haltbar. Faktisfreie, kaltvulkanisierte Gummistoffe verderben in kurzer Zeit.

Hier kommen wir aber auf eine der wertvollsten Eigenschaften des Faktis überhaupt. Wir erinnern uns, daß Faktis ursprünglich nur als billiges Ersatzmittel gedacht und verwendet wurde. Aber die eingehende Beschäftigung mit diesem Stoff hat gezeigt, daß er mehr ist, und es ist wichtig, gerade heute an Arbeiten zu erinnern, die, fast in Vergessenheit geraten, davor warnen sollten, den Faktis aus den Gummimischungen noch mehr herauszulassen, als es heute leider schon geschieht.



So schreibt Dr. E. Schulze in der Gummi-Zeitung, Jahrgang 21, Nr. 12:

»Bezüglich der Frage der Haltbarkeit von mit Faktis hergestellten Kautschukwaren behaupte ich, daß in sachverständiger Weise erzeugte weiße oder braune Faktis an Haltbarkeit gutem Parakautschuk ebenbürtig sind und in Mischung mit demselben dessen Haltbarkeit nicht nachteilig beeinflussen.«

»Es liegen mir Muster vor, die vor Jahren aus Kautschuk und 20 bis 80% Faktis angefertigt wurden, darunter befindet sich ein Muster von »Waterproofing« mit 75% Faktis. Sämtliche dieser Muster, die zum Teil in Gebrauch waren, sind heute noch vollkommen fehlerfrei. Der wasser-dichte Stoff, der mit Chlorschwefel vulkanisiert wurde, besitzt heute noch die samtartige Zartheit der Kautschukschicht, die denselben von Anfang an charakterisierte.«

»Unter den zahlreichen Streitfällen zwischen Waterproofing- und Stoff-fabrikanten ist kaum ein einziger bekannt, in dem die Selbstzerersetzung des wasserdichten Stoffes auf das Vorhandensein von Faktis in der Kautschukmischung zurückgeführt worden wäre.«

»Je mehr praktische Erfahrungen ich gesammelt habe, um so mehr bin ich abgeneigt, die Zersetzung von Gummiwaren in der Praxis ohne weiteres einer bestimmten Ursache zuzuschreiben usw. . . . Ich halte es für unrichtig, zu sagen, daß der Faktis . . . die Ursache einer Fehlerquelle bildet.«

In demselben Jahrgang berichtet Dr. Dittmar und Dr. Oskar Dinglinger über Oxydationsversuche mit Faktis, die sie mit vier verschiedenen Sorten Faktis angestellt haben, und zwar unter Nr. 1 Faktis weiß, unter Nr. 2 Faktis braun, unter Nr. 3 Pechfaktis, unter Nr. 4 Faktis braun schwimmend:

»Wir erhielten für die oben angegebenen Faktissorten nach 2½-tägiger Oxydation mit Sauerstoff folgende Oxydationswerte:«

No.:	Faktis trocken:	Faktis nach d. Oxydat.:	Oxydation in Prozent
1	4,0648 g	4,0697 g	0,12
2	5,2189 g	keine Oxydation	—
3	4,0861 g	4,1092 g	0,565
4	1,3437 g	1,3440 g	0,022

Für die Oxydationsfähigkeit von Kautschukfaktismischungen benutzen die gleichen Verfasser folgende Mischungen:

Mischung No.:	Kautschuk:	Schwefel:	Faktis
1	5 g	4 g	kein
2	5 g	4 g	1 %
3	5 g	4 g	2 %
4	5 g	4 g	3 %
5	5 g	4 g	4 %
6	5 g	4 g	5 %
7	5 g	4 g	10 %

und berichten darüber:

»Die Oxydation dieser Muster wurde ebenso wie bei den oben angegebenen Faktissorten vorgenommen. Nach zweieinhalbtägiger Oxydation mit Sauerstoff erhielten wir folgende Werte:

No.:	Kautschuk- muster trocken:	Gewichtszunahme nach d. Oxydation:	Oxydation:
1	0,5814	0,0159 g	2,73 %
2	0,6308	0,0140 g	2,22 %
3	0,8382	0,0137 g	1,63 %
4	0,7859	0,0100 g	1,40 %
5	0,6339	0,0084 g	1,33 %
6	0,6365	0,0099 g	1,55 %
7	0,6806	0,0064 g	0,94 %

»Die Oxydationstabelle ist von größtem Interesse. Ein erhöhter Faktis-zusatz bewirkt eine bedeutend geringere Oxydationsfähigkeit des Kautschuks. Die Zahlen der Oxydation in Prozenten nahmen in sehr regelmäßiger Weise im Werte ab. Die mit wenig Faktis vulkanisierten Proben sind im Bruch mehr durchoxydiert als die mit einem höheren Faktis-zusatz. Diese Eigenschaft eines guten Faktis, die Oxydationsfähigkeit des Kautschuks zu verringern, ist neu und von ganz hervorragendem Interesse. Guter Paragummi wird nach 2¼ tägiger Oxydation mit Sauerstoff überhaupt nicht angegriffen; Kautschuksorten geringerer Qualität werden dagegen ganz bedeutend oxydiert. In Faktis haben wir somit ein Mittel, die Oxydationsfähigkeit von minderwertigen Stoffen zu verringern.«

Über die **spezielle Anwendung einzelner Faktissorten** ist noch folgendes zu sagen:

Weißer Faktis wird besonders in solchen Mischungen gebraucht, die kalt vulkanisiert werden. Kalandermischungen lassen sich leicht zu dünnen Platten ausziehen, ohne daß sie reißen, wenn sie mit trockenem, weißem Faktis in ausreichender Menge hergestellt werden. Früher ging man bis auf 60% Faktis, der von bester, möglichst transparenter Beschaffenheit sein mußte. Streichmischungen enthalten stets erhebliche Mengen meist weißen, aber bisweilen zur Erzielung bestimmter Farben auch zum Teil braunen Faktis, der dem Kautschuk durch Walzen und Kneten vor der Lösung in Benzin oder Benzol beigemischt wird. Die konservierende Wirkung des weißen Faktis in gummierten Stoffen beruht wahrscheinlich darauf, daß die Vulkanisation des Chlorschwefels, die noch heute überwiegend angewendet wird, bei Gegenwart von Faktis gemildert und so Übervulkanisation verhindert wird. Faktis in der Gummierungsmischung erzeugt auch den angenehmen, geschmeidigen Griff, der an gummierten Stoffen geschätzt wird.

Zur Herstellung weißer, heißvulkanisierter Artikel, z. B. von Schläuchen, wird man es vorziehen, weißen Faktis statt des braunen zu verwenden. Schwierigkeiten, die sich dadurch ergeben, daß weißer Faktis ungünstig auf Beschleuniger wirkt, werden dadurch behoben, daß man gleichzeitig reichlich Magnesia usta zusetzt. Man kann aber auch den weißen Faktis durch gewisse Vorbehandlung ziemlich unwirksam gegen Beschleuniger machen, indem man ihm einen Teil leicht abspaltbaren Chlors entzieht; hierdurch leidet freilich seine Farbe.



Unentbehrlich ist weißer Faktis für die Radiergummifabrikation.<sup>1</sup> Da Radiergummi ein Produkt der Heißvulkanisation ist, so bestehen die Anforderungen, die dabei an den Faktis gestellt werden, in möglichst großer Hitzebeständigkeit und Unveränderlichkeit, damit die geschätzte helle Farbe der Radiergummimischung, die im wesentlichen durch Zinkweiß, Lithopone, Titanweiß erzielt wird, auch nach der Vulkanisation erhalten bleibt. Man verwendet darum für diesen Zweck gern einen Faktis mit einem nicht sehr niedrigen, magnesiahaltigen Aschengehalt, auch Zusätze von Mineralölen zum Faktis erhöhen die Hitzebeständigkeit.

Brauner Faktis, der durchweg weicher ist als weißer Faktis, erleichtert das Kneten und Walzen gefüllter oder ungefüllter Kautschukmischungen und wird vorzugsweise für heiß zu vulkanisierende Artikel gebraucht, und zwar sowohl für Vulkanisation in der Form oder in der Presse, als auch für Freiheizung. Er ist ein vorzügliches Weichmachungsmittel und erleichtert, ja ermöglicht erst das Spritzen dünnwandiger Schläuche, wie sie z. B. in Fahrradbereifungen als Luftschläuche gebraucht werden. Durch die Eigenart des Faktis, große Mengen Mineralöl trocken aufzuspeichern, ist dem Kautschuktechniker ein Mittel in die Hand gegeben, diese Öle, die man aus technischen Gründen gern dem Kautschuk beimischt, diesem so einzuverleiben, daß sie für die weitere Bearbeitung nicht schädlich sein können. Neben oder ohne trockenen Faktis dem Kautschuk beigemischt, machen Mineralöle den Kautschuk schmierig und depolymerisieren ihn. Im Faktis trocken suspendiert, verändern sie den Kautschuk nicht, obgleich die ganze Mischung höchst plastisch wird und leicht zu verarbeiten ist. Zur Herstellung schwimmender Gummiwaren hat man solchen stark mineralöhlhaltigen Faktis, der wenig Schwefel enthält, auch Parafaktis genannt wird und selbst schwimmend ist, stets gern verwendet. Für rote Gummiwaren, sei es, daß sie mit Goldschwefel oder mit den neueren Vulkanfarben hergestellt werden, ist zur Erzielung besonders leuchtender Töne in der letzten Zeit ein sehr heller Schwefelfaktis in Form eines hellgelben Pulvers in Aufnahme gekommen, der unter dem Namen Gloria-Faktis bekanntgeworden ist.

Von großem Wert ist auch die vorzügliche Isolationsfähigkeit des Faktis. Schon vor mehr als 20 Jahren hat Dr. A x e l r o d in der Gummizeitung, Jahrgang 21, Nr. 50 Versuche mit schwimmendem Faktis angestellt und über seine Versuche, wie folgt, berichtet:

»Es werden dazu vier Mischungen von folgender Zusammensetzung hergestellt:

Mischung:	I	II	III	IV
Para	30 %	30 %	50 %	50 %
Schwefel	3 %	3 %	5 %	5 %
Talkum	67 %	47 %	45 %	—
Faktis	—	20 %	—	45 %
Spez. Gewicht	1,74	1,40	1,37	1,03

<sup>1</sup>) Siehe Abschnitt »Radiergummi«.

Hierzu sei noch bemerkt, daß zur Herstellung dieser Mischungen ein und dasselbe Loos Para, derselbe Schwefel und Talkum verwendet wurden, die Faktissorte war schwimmend, ließ sich zu einem homogenen Fell ausziehen.

Die spezifische Durchschlagsfestigkeit der Platten betrug bei:

Platte:	I	II	III	IV
	24 400	22 000	22 000	23 000 Volt/mm

Die in dieser Tabelle eingetragenen Werte stellen das Mittel aus drei bis fünf Versuchen dar. Die Zeit vom Einschalten der Spannung bis zum Augenblick, in dem durch möglichst kontinuierliche Spannungssteigerung die Durchschlagsgrenze erreicht war, betrug etwa  $\frac{1}{2}$  Minute. Die Temperatur betrug  $31^{\circ}$  C. Aus dieser Versuchsreihe ist zu ersehen, daß die Faktisse in der Mischung gleichmäßig verteilt sind und mit Kautschuk eine homogene Mischung geben; im anderen Falle, d. h. wenn Faktis als krümelige Masse in der Mischung verteilt wäre, müßte die Durchschlagsfestigkeit der faktishaltigen Mischungen eine bedeutend niedrigere sein als diejenige der faktisfreien. Außerdem geht daraus auch klar hervor, daß der Faktis für sich oder wenigstens die zu den Versuchen angewendete Sorte eine ziemlich hohe Durchschlagsfestigkeit besitzt, was sich besonders beim Vergleich der Mischungen III und IV zeigt. . . »Zur näheren Charakterisierung der obigen Mischungen muß noch hinzugefügt werden, daß sie sämtlich unter den gleichen Bedingungen vulkanisiert wurden. . . .«

»Einige noch mit diesen Mischungen vorgenommenen Versuche bestätigen übrigens auch die bis jetzt gewonnenen praktischen Erfahrungen bei der Herstellung von Kautschukmischungen für Kabel. Die Qualität der Mischungen für diese Zwecke hängt am allermeisten nur von der Quantität und Qualität der angewendeten Kautschuksorte sowie von dem Vulkanisationskoeffizienten der fertigen Mischung, welcher letzterer die Lebensdauer der Mischung bestimmt, ab.«

»Alle auf die Verbesserung der Kabelmischungen hinzielenden Vorschriften müssen vor allen Dingen einen Mindestgehalt der Mischung an erstklassigem Kautschuk sowie den höchst zulässigen Vulkanisationskoeffizienten vorschreiben, ferner müssen chlorhaltige, säurehaltige und metallhaltige Beimischungen verboten werden.«

»Vor allen Dingen darf aber ein so bewährtes Verdünnungsmittel, wie brauner Faktis, dessen Gebrauch sich seit Jahrzehnten bewährt hat, nie verboten werden.« In einer Nachschrift zu dieser Arbeit wird gesagt:

»Obwohl in der Literatur von verschiedenen Seiten der Nachweis zur Genüge geführt wird, daß der Faktis verbessernd und konservierend auf die Kautschukmischungen der Kabel wirkt, wird diese Bedingung (d. h. obiges Verbot) noch verschiedentlich aufrechterhalten. Man sollte doch nicht einer fehlenden analytischen Methode zu Liebe die Interessen einer ganzen Industrie zum Opfer bringen.«

»Das chemische Laboratorium für Handel und Industrie« von Dr. E. Markwald und Dr. Fritz Frank schrieb schon im Jahre 1908 in der Einleitung zu der damals erschienenen Broschüre: »Faktis, eine technische Skizze«:



»Es geht nun neuerdings das Bestreben, besonders von Behörden, dahin, Faktisse ganz allgemein aus Mischungen auszuschalten, die für Kabelisolierungen und für viele andere Zwecke in den betreffenden Verwaltungen gebraucht werden. Diese Maßnahme ist in erster Linie auf die nachweislichen Schäden zurückzuführen, die durch die skrupellose Anwendung des weißen Faktis auch zu Kabelmischungen usw. hervorgerufen worden sind. In zweiter Linie ist sie dadurch verursacht, weil die Abnehmer sich ein klares analytisches Bild über die von ihnen abzunehmenden Waren machen wollen. Diesen letzteren Grund halten wir nicht für genügend stichhaltig, weil sich, wenn auch die Methode noch nicht in jeder Beziehung einwandfrei ausgebildet ist, doch in dieser Beziehung die erforderlichen Sicherheiten schaffen lassen. Andererseits dagegen halten wir derartige Bestimmungen nicht für berechtigt, weil nachgewiesenermaßen besonders gute, braune Faktisorten direkt als Schutzmittel für alle Kautschukwaren angesehen werden können. Ein treffliches Beispiel hierfür ergab die Untersuchung eines alten Kabels, dessen Fabrikation und Verlegung etwa für das Jahr 1888 nachzuweisen ist. Dieses Kabel, das in angemessener Menge braunen Faktis enthielt und das in einem sehr ungünstigen Schiffsraum bis vor etwa 2 Jahren verlegt war, hatte sich von vielen anderen Kabeln, die gleich und weniger alt waren und keinen Faktis enthielten, am besten gehalten. Diese Tatsache geben wir als Geleit dem folgenden Büchlein mit auf den Weg, und wir glauben, hoffen zu dürfen, daß man allzu rigorosen Bestimmungen durch die allmählich erlernten Erfahrungen den Stachel und endlich die Berechtigung nehmen wird.«

Angesichts der immer unbegreiflicher erscheinenden Vorschriften des Elektrotechnikerverbandes, daß Faktis aus den Kabelmischungen auszuschneiden sei, muß an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich auf die vorzüglichen elektrischen Eigenschaften des Faktis hingewiesen werden, — nicht nur im Interesse der Faktisindustrie. Auch die Kabelfabrikation arbeitet wirtschaftlicher, statt ihrer spezifisch schweren und darum unergiebigen Normalmischung mit Faktis bessere, leichtere und im Volumpreis billigere Kabelisolierungen herzustellen. Die zum Teil gar nicht mehr bestehenden Schwierigkeiten, Faktis analytisch festzustellen, dürfen keine Rolle mehr spielen.

Das ist ja eben der große wirtschaftliche Vorzug des Faktis vor anderen auch viel billigeren Füllstoffen, daß er spezifisch leichter ist als alle diese. Man bezahlt doch an einem Schlauch, an einem gummierten Draht, nicht das Gewicht, sondern die Länge.

Von der Eigenschaft des Faktis, Gummierungen auf Stoffen einen weichen Griff zu erteilen, macht man auch bei der Fabrikation von Kunstleder mittels Latex oder Latexkonzentraten Gebrauch. Jedoch muß man dann den Faktis in feinsten Mahlung mit Wasser und etwas Seife zu einer Pastenemulsion verarbeiten, ehe er mit dem Latexkonzentrat vermischt werden kann; faktisfreie Latexgummierungen sind hart im Griff und haben eine körnige Oberfläche, faktishaltige aber sind weich und geschmeidig.

Wie schon bald nach seiner Erfindung Faktis nicht als Füllmittel, son-

dern als **selbständiger Werkstoff** Verwendung gefunden hat, so werden heute wieder verschiedene Artikel mit Hilfe von Faktis ohne Kautschuk hergestellt.

Wie man mit Kautschuk Bleistiftstriche vom Papier abreiben kann, — daher der Name India Rubber — so ist auch Faktis ein vorzügliches Radiermittel, ein besseres noch als der Kautschuk, weil er viel zerreiblicher ist und darum immer neue, saubere Angriffsflächen bietet. Die größtenteils aus Faktis bestehenden, kautschukfreien Kunstradiergummis sind zwar ziemlich leicht zerbrechlich, chemisch aber sehr beständig. Sie werden weder hart noch rissig wie jeder gewöhnliche Radiergummi und behalten ihre Radierfähigkeit fast unbegrenzte Zeit.

Ähnlich verhält sich mit Schmirgel, Korund, Glaspulver und dergl. gefüllter Faktis, der als Rostentferner, Putz- und Schleifmittel eine umfangreiche Verwendung gefunden hat. Auch hier ist die leichtere Zerreiblichkeit gegenüber dem Kautschuk ein wichtiger, technischer Vorteil.

In lockerer, poröser Flockenform ist Faktis als Stopfmateriale für elastische Kissen in der Bandagenindustrie weit verbreitet. Faktisgußpelotten dienen dem gleichen Zweck und werden dadurch hergestellt, daß die noch flüssige Faktismischung in Formen gegossen wird, in denen sie erstarrt.

### 5. Die technische Herstellung des Faktis

Bei der technischen Herstellung des Faktis ist die Auswahl der Rohstoffe für die Güte des Produktes und für den besonders gewünschten Effekt von großer Bedeutung.

Nur ungesättigte, fette Öle von heller Farbe, die wasserfrei sind und möglichst wenig Anteile an festen Glyceriden haben, eignen sich mit Vorteil für die Herstellung von Faktis. Weißer Faktis hat überwiegend Rüböl als Basis, doch eignen sich auch Senföl, Leinöl, Sesamöl, Erdnußöl, Soyaöl und andere ähnliche Pflanzenöle, in beschränktem Maße auch Rizinusöl. Die Öle sollen keine oder nur wenig freie Fettsäure enthalten und dürfen roh oder raffiniert sein. Letztere geben mit Chlorschwefel schöne, helle Produkte. Auch tierische Fette bilden sowohl mit Chlorschwefel als auch mit Schwefel Faktis, doch eignen sich nur wenige davon zur Herstellung von weißem Faktis. Die in vielen Fällen als Zusätze gebrauchten Mineralöle müssen möglichst geruchlos, von hohem Flammpunkt und von heller Farbe sein. Bitumen, das als Zusatz verwendet werden soll, muß im Öl leicht löslich sein, Farben durch Chlorschwefel nicht veränderlich, Mineralien durch diesen nicht angreifbar.

Der Chlorschwefel muß rein, hellgelb sein und ein spezifisches Gewicht von 1,69, einen Siedepunkt von 137° haben. Er darf auch keine anderen Schwefelchloride, z. B. Schwefeldichlorid oder Schwefeloxychlorid enthalten. Etwa gebrauchte Verdünnungsmittel wie Benzin und dergl. sollen keine hochsiedenden Anteile enthalten, damit sie aus dem gebildeten Faktis leicht durch Abdunsten wieder entfernt werden können. Für die Aufbewahrung des Chlorschwefels empfehlen sich Tongefäße, doch wird auch Eisen von reinem Chlorschwefel fast nicht angegriffen. Schwefel muß ebenfalls sehr rein und vor allen Dingen frei von Gesteinsteilchen



sein. Da der Schwefel bei der Faktisherstellung ohnehin schmilzt, ist es gleichgültig, ob man Schwefelblüten, gemahlene Schwefel oder Stücker Schwefel verwendet.

Während der Faktisherstellung muß jede Verunreinigung durch Rostteilchen, Holzsplitter, Fasern, Staub, Sand vermieden werden, damit durch den Faktis keinerlei Fremdkörper in die Gummimischung gelangen. Dieselbe Sorgfalt muß bei seiner Zerkleinerung, Lagerung und Verpackung obwalten.

Die technische Herstellung von weißem Faktis, die durch Vermischen fetter Öle mit Chlorschwefel in der Kälte vor sich geht, wird durch den exothermen Charakter dieser Reaktion erschwert, sobald man zur regelmäßigen Herstellung größerer Mengen übergeht, auf die Abkühlung an der Luft, Strahlung oder Ableitung innerhalb der Apparatur keinen Einfluß mehr hat. Schon bei Mengen von einigen Kilo erwärmt sich der Faktis so stark, daß die Temperatur weit über 100° steigt und schnell Dunkelfärbung, Zersetzung und selbst Verkohlung unter gleichzeitiger Entwicklung von Salzsäure und schwefeliger Säure eintritt. Man muß schon sehr große Mengen Verdünnungsmittel anwenden, um das zu verhindern. Doch dieses Verfahren ist nicht rationell, weil der fertige Faktis keine Lösungsmittel mehr enthalten darf und seine Befreiung davon zwar technisch möglich, aber selbst bei Wiedergewinnung der Lösungsmittel nicht wirtschaftlich ist. Man arbeitet daher besser in wassergekühlten Gefäßen, in denen die Temperatur der Mischung möglichst rasch erniedrigt wird. Dubosc beschreibt in seinem Werk über vulkanisierte Öle »Les Caoutchoucs Factices« als sehr geeignet. Kneten, die mit einem von kaltem Wasser durchflossenen Doppelmantel versehen sind. Auf diese Weise gelingt es jedenfalls, unter Abführung eines großen Teiles der Reaktionswärme die Temperatur der Öl-Chlorschwefelmischung soweit zu erniedrigen, daß nach rascher Zerkleinerung der festgewordenen Masse keine Zersetzung erfolgt. Wenn der Faktis schließlich jeden Geruch nach Chlorschwefel verloren hat — das dauert bei gewöhnlicher Temperatur oft viele Stunden — kann er fein gemahlen und versandfertig gemacht werden.

Die Chlorschwefeldämpfe, die während der Reaktion aus der sich erwärmenden Mischung aufsteigen und lästig und gesundheitsschädlich sind, müssen aus dem Arbeitsraum durch gut ziehende Abzüge entfernt werden, am besten, wenn sie sogleich bei der Entstehung aus dem Reaktionsgefäß selbst durch Ventilatoren abgesaugt und in einer mit Koks und gelöschtem Kalk gefüllten Kammer unschädlich gemacht werden. Auch Durchströmenlassen durch einen wasserberieselten Turm verhindert Belästigungen nicht nur der Arbeiter, sondern auch der Nachbarschaft. Da die Reaktion zwischen Chlorschwefel und Öl in der Regel, wie schon aus den einleitenden Betrachtungen besonders hervorgeht, mit wenigen Ausnahmen rein additiv ist und quantitativ verläuft, so müßte es möglich sein, in völlig geschlossenen Gefäßen zu arbeiten. Die kleinen Mengen Salzsäure und schwefelige Säure, die nur durch Einwirkung des Chlorschwefels auf etwa im Öl vorhandene Fettsäure, Glycerin oder Feuchtigkeit entstehen und entweichen, sind leicht zu fassen.

Eine Ausnahme unter den fetten Ölen bildet nur das Rizinusöl, dessen Oxyfettsäuren mittels ihrer Hydroxylgruppe auf den Chlorschwefel ebenso zersetzend wirken, wie z. B. Alkohol, mit dem er heftig reagiert. Doch wird das Rizinusöl nur selten für die Herstellung von weißem Faktis verwendet, weil eben die Reaktion mit Chlorschwefel so heftig ist, daß man es nur in großer Verdünnung mit Kohlenwasserstoffen oder auch mit anderen fetten Ölen gebrauchen kann. Mit Rizinusöl versetzte Ölmischungen geben infolge der Einwirkung des Chlorschwefels auf die Hydroxylgruppen des Rizinusöls und der dadurch entstehenden Gasbildung immer poröse, schwammige Faktisse.

Zur Milderung der Reaktion setzt man den fetten Ölen in vielen Fällen das auch sonst erwünschte Mineralöl zu. Ebenso wirken Karbonate und Erdalkalien, Magnesia usta verzögernd und unterstützen damit die bei der Herstellung erforderliche Kühlung der Mischung.

Die Feinmahlung des grob zerkleinerten Faktis erfolgt in den bekannten Walzenmühlen oder anderen geeigneten Mühlenaggregaten. Oft wird der Faktis, um ihn zu entsäuren, vor oder nach der feinen Mahlung mit Magnesia usta eingepudert. Da der Faktis beim Mahlen infolge der starken Reibung und Quetschung ziemlich warm wird, muß man ihn gut ausbreiten und abkühlen lassen, andernfalls nimmt er leicht einen ranzigen Geruch an. Schließlich verpackt man den Faktis unter Innehaltung größter Sauberkeit in dichten Fässern, die mit Säcken ausgelegt sind. Ein säurefreier, trockener, weißer Faktis ist sehr lange haltbar. Hat Chlorschwefelfaktis aber einen hohen Anteil an verseifbaren, acetonlöslichen Stoffen, so wird er nach einiger Zeit, manchmal allerdings erst nach Jahren, weich und klebrig.

Gefärbte Chlorschwefelfaktisse erhält man, wenn man in dem Öl vor seiner Behandlung mit Chlorschwefel öllösliche, transparente, organische Farbstoffe auflöst, die nicht von Chlorschwefel angegriffen werden.

Braucht der gefärbte Faktis nicht transparent zu sein, so kann man statt öllöslicher Farbstoffe auch anorganische oder organische Körperfarben im Öl verteilen, die natürlich gegen Chlorschwefel beständig sein müssen. Vorher schwach geschwefeltes Rüböl gibt mit Chlorschwefel einen schön dunkelbraun gefärbten Faktis, doch findet dabei eine äußerst heftige Reaktion unter Entbindung von Salzsäure statt.

Die Darstellung des braunen Faktis erfolgt durch längere Einwirkung von Schwefel auf ungesättigte, fette Öle bei Temperaturen von 130 bis 170° gleichfalls unter Entbindung erheblicher Wärmemengen. Auch diese Reaktion ist additiv und die Bildung von Substitutionsprodukten unter gleichzeitiger Entwicklung von Schwefelwasserstoff ist dabei zu vermeiden. Die Auswahl an Ölen, mit denen man einen guten, haltbaren Schwefelfaktis herstellen kann, ist wesentlich größer als die, die man für den weißen Faktis gebraucht, und wird meistens nur davon beeinflußt, ob man helle oder dunkle, schwefelarme oder schwefelreiche Faktisse erzielen will.

Auch für braunen Faktis eignet sich am besten Rüböl, weil es schon mit wenig Schwefel ein gutes, trockenes, hellbraunes, an acetonlöslichen Anteilen armes Produkt gibt und die geringste Wärmetönung in der



Reaktion zeigt. Leinöl und Tran geben sehr dunkle Faktisse, andere vegetabilische Öle mitteldunkle, oxydierte Öle zwar hellen und schwefelarmen, aber wenig haltbaren Faktis. Durch Erhitzen polymerisierte Öle eignen sich hingegen recht gut zur Herstellung hellbrauner, schwefelärmer, elastischer und haltbarer Faktisse, doch ist deren Gehalt an acetonlöslichen Bestandteilen ziemlich groß. Zusatz von Mineralölen macht den braunen Faktis spezifisch leicht und erhöht seine Zerreiblichkeit und Mischbarkeit mit Kautschuk, Zusatz von Bitumen und Harz vergrößert seine Zähigkeit. Unvollkommen geschwefelte Öle geben einen klebrigen, bisweilen auch pastenförmigen Faktis.

Die lange Dauer der Bildung des braunen Faktis erlaubt die Verwendung großer Reaktionsgefäße und damit äußerst gleichmäßige Herstellung.

Vielfach wird aber noch nach der älteren, primitiven Methode folgendermaßen verfahren:

In einem gußeisernen Kessel von etwa 300 Liter Inhalt werden auf freiem Feuer 100 kg Rüböl erhitzt, bis die Temperatur auf 130 bis 150° gestiegen ist. Dann werden 20 kg Schwefel unter kräftigem Rühren zugeschüttet, langsam weiter erhitzt, bis der Schwefel gelöst ist, das Öl sich dunkler färbt und eine Probe, auf eine kalte Eisenplatte gegossen, keine Ausscheidung von Schwefel mehr zeigt. Das tritt schon ziemlich rasch bei einer Temperatur von 160 bis 165° ein. Obgleich jetzt der Augenblick gekommen ist, in dem das Feuer stark gedämpft werden muß, geht doch die Temperatur im Innern des Kessels noch weiter in die Höhe. Sobald sie auf etwa 170° gestiegen ist, zeigt sich Schaumbildung durch Entwicklung von Schwefelwasserstoff, die Masse steigt im Kessel und wird merklich dicker. Jetzt nimmt man den Kessel rasch vom Feuer weg und entleert den inzwischen noch mehr verdickten Inhalt in flache Pfannen, in denen der Faktis bald zu einer festen, trockenen Masse erstarrt, die sich leicht zerkleinern läßt. Gut abgekühlt kann er sofort verarbeitet werden.

Diese äußerst primitive Methode erfordert nicht nur geschickte, flinke Arbeiter, sondern ist auch höchst lästig für alle dabei Beschäftigten. Man ist daher jetzt meist von der Erhitzung mit direktem Feuer, durch die auch zu leicht lokale Überhitzungen und damit Zersetzung und teilweise Verkohlungen vorkommen, abgegangen und verwendet lieber doppelwandige, mit Dampf heizbare Gefäße. Durch Regulierung des Heizdampfes ist man in der Lage, die ganze Reaktion zu verlangsamen, die Bildungs- und Polymerisationswärme größtenteils schon durch Leitung abzufangen und Schaumbildung, Schwefelwasserstoffentwicklung und Ansteigen der Masse im Kessel zu verhindern und die Verdickung der Masse solange zu verzögern, daß das Abfüllen in Pfannen ohne Hast erfolgen kann. So kann man die Polymerisation bis zur völligen Erstarrung und gänzlichen Durchvulkanisierung, gegebenenfalls durch weitere Erhitzung des in Pfannen abgefüllten Faktis soweit treiben, wie das verwendete Öl es zuläßt. Auf diese Weise bekommt man schließlich einen durchaus gleichmäßigen Faktis mit bestimmten, in Aceton löslichen Anteilen, wie er von der Kautschukindustrie vielfach verlangt

wird. Hat der Faktis den gewünschten Härtegrad erreicht, so wird er, noch warm, in kleinere Stücke zerteilt, zum Abkühlen ausgebreitet und meist so, selten gemahlen, in saubere Versandfässer verpackt.

Um die bei der Herstellung nicht vermeidlichen üblen Gerüche der warmen, geschwefelten Öle zu beseitigen, arbeitet man auch in diesem Zweige der Fabrikation in mit Deckeln geschlossenen, mit Abzügen versehenen Kesseln, die an eine Ventilation angeschlossen sind.

Die Herstellung von Gegenständen aus Faktis, deren zunehmende Verbreitung schon erwähnt worden ist, beruht im wesentlichen darauf, daß Faktis oder richtiger eine Mischung von Öl mit Chlorschwefel bzw. Schwefel mit oder ohne Zusatz anderer Stoffe vor ihrer Erstarrung in Formen gebracht wird, in denen sich die Faktisbildung vollendet. Einzelne Verfahren sind durch Patente geschützt worden, so z. B. die Herstellung von Bruchbandpelottenkissen, von Schleifmaterialien und Fußbodenplatten. Bei der Herstellung dieser letzteren macht man von einem eigenartigen Verhalten des Leinöls gegen Chlorschwefel Gebrauch. Es hat sich nämlich gezeigt, daß Leinöl in Gegenwart von reichlichen Mengen Mineralstoffen viel mehr Chlorschwefel bindet als ohne diese und dadurch zu einem sehr harten, hartgummiähnlichen Stoff erstarrt. Fußböden aus solchen Platten oder auch aus Leinöl-Faktis fugenfrei gegossene Fußböden besitzen eine große Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einflüsse und haben sich praktisch im Schiffbau bewährt. Flüssig ausgegossen, haftet diese Faktismischung nach ihrer Erstarrung sehr fest auf Holz und Eisen und ist somit zur Herstellung säurefester Gefäße wegen der Einfachheit der Anwendung gut geeignet.

## 6. Die chemischen und physikalischen Grundlagen der Bildung von Faktis

Über die chemischen Reaktionen, auf denen die Vulkanisation der Öle und die Bildung des Faktis beruht, sind eine Reihe von Theorien aufgestellt worden, die aber sämtlich nicht befriedigen können, weil eine restlose Aufklärung schon wegen des hohen Polymerisationsgrades, in dem sich der Faktis befindet, überhaupt nicht möglich erscheint. Um sich ein ungefähres Bild von diesen Vorgängen zu machen, ist folgendes zu berücksichtigen:

1. Nur ungesättigte Glyzeride bilden mit Chlorschwefel oder Schwefel Faktis.
2. Nur solche Verbindungen ungesättigter Öle mit Schwefel oder Chlorschwefel haben Faktischarakter, bei deren Bildung keine erheblichen Mengen Schwefelwasserstoff, Salzsäure oder schweflige Säure entstehen. Als einzige Ausnahmen sind die schon bei niederen Temperaturen einsetzenden Reaktionen des Chlorschwefels mit Rizinusöl oder bereits geschwefelten Ölen zu nennen, bei denen durch Zersetzung eines Teiles des Chlorschwefels mit der OH-Gruppe des Rizinusöls bzw. der SH-Gruppe des geschwefelten Öls Salzsäure frei wird. In allen Fällen aber, in denen Chlorschwefel oder Schwefel infolge höherer Temperaturen zersetzend unter Bildung von Salzsäure oder Schwefelwasserstoff oder anderen gas-



förmigen oder flüssigen Zersetzungsprodukten wirkt, entsteht kein Faktis, sondern dunkle Schmierer. Die eigentliche Faktisreaktion ist also fast in allen Fällen eine Additionsreaktion.

3. Bei der Verseifung des weißen Faktis wird nur das Chlor abgespalten, der gesamte Schwefel verbleibt bei den Fettsäuren. Dagegen bleibt bei der Verseifung des braunen Faktis nur ein Teil des Schwefels an die Fettsäuren gebunden, der andere wird abgespalten.
4. Die Jodzahlen des weißen Faktis sind niedriger als die der Öle, aus denen er hergestellt ist. Die Jodzahlen der durch Verseifung von Faktis erhaltenen geschwefelten Fettsäuren sind dagegen nicht vermindert, zum Teil sogar erhöht. Dubosc gibt auf Seite 150 seines Werkes folgende Zahlen an:

Weißer Faktis aus:	Jodzahl des Faktis	Jodzahl der Öle	Jodzahlen d. durch Verseifung erhalt. Fettsäuren
Leinöl:	56,3	171—201	180
Colzaöl:	32,5	93—104	101
Geblasenes Colzaöl:	26,9	86	102,8
Rizinusöl:	21,9	105,6	132

Nach eigenen Versuchen ist die nach Kaufmann bestimmte Jodzahl der durch Extraktion mit Aceton von löslichen Anteilen befreiten reinen Rüböl-Chlorschwefelverbindung 39,3.

Die Jodzahlen des braunen Faktis sind dagegen nicht erniedrigt, wie Dubosc angibt, sondern steigen sogar mit dem Schwefelgehalt.

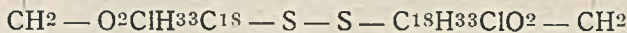
Jodzahl des Rüböls:	93—104
Jodzahl des braunen Faktis mit 14% S:	104
Jodzahl des braunen Faktis mit 25% S:	182

Die Jodzahl der durch Extraktion mit Aceton von löslichen Anteilen befreiten reinen Rüböl-Schwefelverbindung mit 22,5% Schwefel ist sogar 185. Auch die Jodzahl der nur 10% Schwefel, d. i. die geringste Menge, mit der Rüböl Faktis bildet, enthaltenden Verbindung liegt mit 81 wenig unter der Jodzahl des Rüböls.

Für die Bildung des weißen Faktis gibt Dubosc, der in seiner oben genannten Monographie sich eingehend mit den verschiedenen Theorien dieser Reaktion auseinandersetzt, folgende Erklärung:

»Der Chlorschwefel scheint nicht in seinem Zustand als chemische Verbindung  $S_2Cl_2$ , sondern getrennt in seine Elemente Schwefel und Chlor fixiert zu werden. Daraus ergibt sich also während der Reaktion eine wirkliche Zerlegung des Chlorürs in seine konstitutiven Elemente.«

Hiernach könnte man nun folgende, an anderer Stelle angegebene, z. B. auf die Chlorschwefelverbindung des Trioelins zutreffende Formel akzeptieren:



In dieser hätte sich das Chlor vom Schwefel getrennt und am Glycerinrest angelagert, während der Schwefel sowohl die doppelte Bindung

gesättigt als je zwei Moleküle der Glyzeride miteinander verkettet hätte. Über die weitere Verkettung dieser beiden Moleküle mit anderen zu dem offenbar sehr großen Faktismolekül ist begreiflicherweise wenig zu sagen.

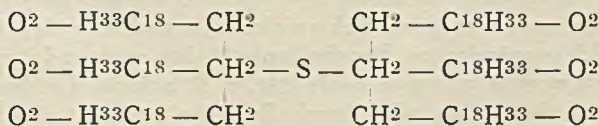
Nach eigenen Versuchen des Verfassers läßt sich nun aus der hochpolymerisierten Verbindung des Kautschuks mit Chlorschwefel, mit der weißer Faktis viele Analogien zeigt, durch Verseifung das Chlor ebenso leicht wie aus dem weißen Faktis abspalten. Auch hier bleibt der gesamte Schwefel an den Kautschuk gebunden, wie an die Fettsäure des weißen Faktis. Im Chlorschwefelkautschuk befindet sich aber kein Glycerinrest, also sind es allein die doppelten Bindungen des Kohlenwasserstoffes Isopren, die den Chlorschwefel aufnehmen. Teilweise findet aber bei der Behandlung des Kautschuks, im Unterschied gegen Faktis, eine Substitution statt, da während der Reaktion ein Teil des Chlors aus dem Chlorschwefel mit Wasserstoff vereinigt als Salzsäure austritt. Einfacher zusammengesetzte, ungesättigte Kohlenwasserstoffe dagegen, wie Äthylen und Amylen, geben nach G a u t h é r i e die Additionsprodukte  $(C_2H_4)_2S_2Cl_2$  und  $(C_5H_{10})_2S_2Cl_2$ . G a u t h é r i e entwickelt hieraus seine Theorie der Faktisbildung, nach der die doppelten Bindungen der Fettsäuren durch Chlorschwefel abgesättigt werden. Die stark verminderten Jodzahlen des weißen Faktis stützen diese Theorie. Über die durch die Polymerisation erkennbare weitere Verbindung der Moleküle untereinander sagt sie nichts aus.

Anders und tiefgreifender verläuft die Reaktion zwischen Schwefel und ungesättigtem Öl bei der Bildung von braunem Faktis.

Aus der Tatsache, daß bei der Verseifung von braunem Faktis ein Teil des Schwefels abgespalten wird, ein Teil aber bei den Fettsäuren bleibt, folgt, daß die Bindung hier anders verläuft als im weißen Faktis, doch ist anzunehmen, daß auch im braunen Faktis die doppelte Bindung des Fettsäurerestes mit Schwefel gesättigt wird, wenngleich die hohe Jodzahl des braunen Faktis zu einer gegenteiligen Annahme verleiten könnte. Aber das Jod kann sich auch an den Schwefel addieren, dessen Wertigkeit so sehr variabel ist. Die mit dem steigenden Schwefelgehalt erhöhte Jodzahl macht das wahrscheinlich.

Blickt man von diesem Gesichtspunkt aus auf die chemische Formel für weißen Faktis, die D u b o s c angibt, so scheint sie nicht zutreffend zu sein, denn wenn, wie diese Formel angibt, wirklich das Chlor vom Schwefel getrennt am Glycerinrest sitzt, so hat man für die niedrige Jodzahl des weißen Faktis keine Erklärung. Nimmt man aber an, daß der Chlorschwefel, wie ein Halogen, die doppelte Bindung absättigt, so würde das beim Schwefel bleibende Chlor den Schwefel vor der Anlagerung des Jods schützen.

Für den braunen Faktis gibt D u b o s c nach anderen Autoren folgende Formel:





Eine Anzahl dieser Moleküle sind dann im braunen Faktis zu einem größeren Komplex vereinigt.

Analogien mit dem durch Schwefel vulkanisierten Kautschuk sind ohne Zweifel vorhanden, doch besteht ein Unterschied im Verhalten gegen Säurechloride oder Chlorschwefel. Übergießt man nämlich völlig geschwefelten, gepulverten Hartkautschuk mit Schwefeloxychlorid oder mit Chlorschwefel, so entwickelt sich Salzsäure; ein Zeichen, daß wenigstens ein Teil des Schwefels in Form von SH an den Kautschuk gebunden ist. Völlig ausreagierter brauner Schwefelfaktis gibt diese Reaktion nicht, wohl aber geschwefeltes Öl vor der Polymerisation zu trockenem Faktis, wie schon früher erwähnt worden ist.

In physikalischer Beziehung sind die exotherme Reaktion und der sich rasch vollziehende Vorgang der Polymerisation bei der Bildung von Faktis bemerkenswert. Die erheblichen Wärmemengen, die dabei in Erscheinung treten, kommen aus zwei Quellen, einmal aus der chemischen Reaktion zwischen Öl und Chlorschwefel oder Schwefel, dann aus der Polymerisation, die teils gleichzeitig mit der chemischen Reaktion, teils später einsetzt. Besonders schnell polymerisiert sich die Öl-Chlorschwefelverbindung, und zwar unter starker Erhitzung auch des schon festen Produktes, nachdem der ganze Chlorschwefel bereits chemisch gebunden ist. Die Bildung des festen Produktes »weißer Faktis« vollzieht sich aber auf jeden Fall und kann durch Kühlung zwar verzögert, aber nicht verhindert werden. Anders verhält sich in dieser Hinsicht der braune Faktis, der sich überhaupt nur bei Temperaturen über 125 bis 130° bilden kann, und zwar in zwei deutlich verschiedenen Phasen. Erhitzt man nämlich Rüböl mit der zur Bildung eines festen Faktis ausreichenden Menge Schwefel auf 130 bis 150°, so kommt man bald zu einem Punkt, an dem das Öl zwar schon merklich verdickt, aber noch flüssig ist, der Schwefel jedoch nicht mehr nur gelöst, sondern, da er sich bei der Abkühlung der Masse nicht mehr ausscheidet, als chemisch gebunden anzusehen ist. In diesem Stadium abgekühlt, bleibt die Ölschwefelverbindung flüssig bis klebrig und unterscheidet sich von dem festen, braunen Faktis auch chemisch durch das schon oben erwähnte Verhalten gegen Säurechloride und Chlorschwefel, mit welchen Reagentien sie Salzsäure entwickelt. In dieser Phase muß ein Teil des Schwefels noch als SH gebunden sein. Bei längerem Lagern wird dieses Produkt zwar noch etwas viskoser und trockener, aber nie fest. Kühlt man die flüssige Ölschwefelverbindung nicht unter 125° ab, sondern unterbricht nur die weitere Wärmezufuhr, so steigt dennoch die Temperatur der Masse unter weiterer Verdickung bis zum Festwerden unaufhaltsam auf 200°. Man muß wieder kühlen, um Zersetzungen und damit Substitutionen des Schwefels und Entwicklung von Schwefelwasserstoff zu verhüten. So groß ist die Polymerisationswärme, doch ist sie durch den erreichbaren Polymerisationsgrad bedingt, der andererseits wieder von der zur Reaktion gebrachten Schwefelmenge und von der natürlichen oder künstlich veränderten Beschaffenheit des verwendeten Öles abhängt. Bereits vorher polymerisierte Öle, z. B. solche, die durch Schwefel oder durch Oxydation oder durch Erhitzen verdickt sind, geben bei

dem gleichen Polymerisationsgrad geringere Polymerisationswärmen als die entsprechenden rohen Öle. Davon macht man in der Herstellung des Faktis auch praktischen Gebrauch.

Wie die Faktisbildung ein chemischer Vorgang mit gleichzeitiger Polymerisation ist, so auch die Kautschukvulkanisation. Da sich aber Kautschuk schon von Natur aus in einem hohen Polymerisationsgrad befindet, braucht er nur wenig Chlorschwefel oder Schwefel, um ein festes, nicht mehr in gewöhnlichen Lösungsmitteln lösliches Gel zu bilden. Auch Öle, die hoch polymerisiert sind, brauchen ja nur wenig Schwefel oder Chlorschwefel zur Faktisbildung, wie bereits oben erwähnt ist. Mit viel Schwefel werden diese Öle sehr trocken, wie Kautschuk mit viel Schwefel Ebonit bildet, der seinen Gelcharakter fast völlig verloren hat. Wärmetönungen lassen sich bei der Bildung von Weichkautschuk wegen ihrer Geringfügigkeit nicht beobachten, aber bei der Herstellung von Hartkautschuk muß man die exotherme Reaktion berücksichtigen, damit keine Fehlfabrikate eintreten.

Der reine Schwefelkautschuk, Ebonit, der im Maximum etwa 30% Schwefel gebunden enthält, ist ein dunkelbrauner amorpher Körper mit dem Schmelzpunkt von etwa 300°. Gegen kalte Säuren und gelöste Alkalien ist der Schwefelkautschuk sehr beständig.

Sättigt man Kautschuk mit Chlorschwefel, so erhält man einen weißlich-gelben, spröden Stoff, der gemahlen dem weißen Faktis sehr ähnlich ist, jedoch wenig elastisch. Erhitzt spaltet der Chlorschwefelkautschuk leicht Chlor in Form von Salzsäure ab und färbt sich dabei dunkel. Mit alkoholischer Kalilauge läßt sich das Chlor, von dem der Chlorschwefelkautschuk etwa 20% enthält, völlig entfernen und es bleibt ein dunkelbraunes, trockenes, nur noch aus geschwefeltem Kautschuk bestehendes Pulver zurück.





# TECHNISCHE GUMMIWAREN

VON DR. ING. P. KLUCKOW, LUTHERSTADT WITTENBERG\*)

## Einleitung

Unter allen Fabrikationszweigen der Gummi-Industrie dürfte wohl die Erzeugung der Artikel, die unter dem Sammelnamen »Technische Gummiwaren« zusammengefaßt werden, der bei weitem vielseitigste sein. Das Gebiet der »Technischen Gummiwaren« umfaßt eine Unzahl, zumeist in Pressen geformter Produkte, deren Anwendungsbereich sich auf fast alle Industriezweige, das gesamte Verkehrswesen, aber auch auf den Verbrauch durch Einzelpersonen, im Haushalt und im täglichen Leben erstreckt. Schon allein diese Aufzählung beweist, daß hier nicht nur die Mannigfaltigkeit der herzustellenden Produkte, sondern auch die durch ihren jeweiligen Verwendungszweck bedingte Unterschiedlichkeit in ihren vornehmlichen Eigenschaften besonders berücksichtigungswürdig ist. Gerade die auf dem Gebiet der »Technischen Gummiwaren« in Erscheinung tretende vielseitige Anwendungsmöglichkeit des Kautschuks fordert hier besondere Vorsicht, Aufmerksamkeit und Sachkenntnis von seiten derjenigen, die mit der Verarbeitung betraut sind. Man muß sich vor allem darüber im klaren sein, daß wir es beim Kautschuk mit einem von der Natur gelieferten pflanzlichen Rohstoffe zu tun haben, der in sich schon durch klimatische Verhältnisse, Bodenbeschaffenheit, Düngung, Aufbereitung, Lagerung, Transport usw. bedingte Qualitätsschwankungen trägt, so daß seine Verarbeitungsweise z. B. mit der von Eisen oder Stahl nicht vergleichbar ist. Es ist daher begreiflich, daß man eine reibungslose Verarbeitung bei gleichmäßigster Qualität und möglichster Ausschaltung von Reklamationen nur dann ermöglichen kann, wenn man nicht nur für eine laufende Kontrolle der angewandten Rohstoffe, sondern auch für eine laufende Ueberprüfung jeder einzelnen Phase des Fabrikationsvorganges in höchstem Maße Vorsorge trifft. Ferner sind aber durch die Vielheit und Kompliziertheit der weiteren Verarbeitungsstadien, durch die Mitverwendung zahlreicher anderer Füll-, Farb- und Schutzstoffe usw. weiterhin Komplikationsmöglichkeiten gegeben, welche eine umfassende Kenntnis nicht allein des Rohgummis und der vielen andern Hilfsstoffe verlangen, sondern darüber hinaus auch Wesen und Wirkung aller mechanischen Einflüsse, die durch Änderungen und Abweichungen in der Bearbeitung und Vulkanisation der Kautschukmischungen liegen.

Der Umstand, daß der Rohkautschuk aus fernen Ländern bezogen werden muß, verlangt gebieterisch, so weit als möglich jede Fehlware zu vermeiden, denn jedes verlorengegangene Kilo Rohgummi bezahlt mehr oder weniger die Volkswirtschaft der jeweiligen Verbraucherstaaten! Und dies gelingt nur dann, wenn die Fortschritte und Erkenntnisse der Fachleute zum Wohle der gesamten Kautschukindustrie an jeder Fabrikationsstätte angewandt werden, zum Besten eines jeden Mitarbeiters, zum Besten der Fabrik und der Gesamtwirtschaft.

\* Unter Mitarbeit von Prof. Dr. E. A. Hauser, Wien



Gerade die Vielseitigkeit der Verarbeitung von Kautschuk auf dem Gebiete »technischer Gummiwaren«, die ungezählten Fehlerquellen und zu beobachtenden Faktoren begründen, wie aus dem folgenden hervorgehen wird, die Bedeutung der vorstehenden Zeilen vielleicht mehr, als irgend ein anderes Anwendungsgebiet des Kautschuks.

Die Fabrikation technischer Gummiwaren stellt durch ihre Vielfältigkeit in der äußeren Form, der Herstellungs- bzw. Arbeitsverfahren sowie der verschiedenartigsten Anforderungen in chemischer, physikalischer und mechanischer Hinsicht so viele Vorbedingungen an die zu verwendenden Rohmaterialien, und an die Verarbeitungstechnik beim Mischen, Kalandern und Spritzen, daß das Bild nicht vollständig wäre, wenn man diese Dinge unberücksichtigt ließe. Erst die richtige Erkenntnis aller Möglichkeiten der verschiedensten Störungsursachen gibt die Voraussetzung zur sichersten und schnellsten Abstellung.

Die große Zahl der Füllstoffe aller Art, organischen wie anorganischen Ursprungs und deren Eignungsprüfung für Kautschukwaren würde allein einen ganzen Band füllen. Es sei deshalb nur auf die wesentlichsten Punkte und Literaturstellen hingewiesen. So hat S t e f a n R e i n e r 1928 in seinem »Laboratoriumsbuch für die Kautschuk- und Kabelindustrie« bereits einen kleinen Anfang gemacht. Es bleibt aber noch der Zukunft vorbehalten, hier das alles umfassende »Laboratoriumsbuch« zu schaffen, in dem die große Zahl der im Laufe der letzten Jahre erschienenen wertvollen Arbeiten vieler Wissenschaftler und Fachgenossen übersichtlich vereint ist.

Wer mit der Gummiwarenfabrikation in Verbindung steht, weiß, daß die Laboratorien dieser Fabriken nicht nur chemisch-analytische Arbeiten zur Kontrolle aller Rohmaterialeingänge ausführen, sondern darüber hinaus vielmehr noch im wahrsten Sinne des Wortes kleine Materialprüf- und Forschungsämter sind mit angegliederten Nebenbetrieben. So benötigen z. B. die Fabrikationsabteilungen von Galoschen und Gummiüberschuhen, von gummierten und lackierten Regenmantelstoffen usw. die verschiedensten Arten von Lacken wie Öl-, Faktis-, Harz- und Celluloselacke, Gummifarben und Emailen. Die technischen Abteilungen brauchen u. a. Schellack- und Bitumenlacke, um Platten, Matten usw. den letzten Glanz zu geben. Die Hartgummiabteilung wiederum sehr hart trocknende und fest haftende Öl-Harz-Lacke zum Lackieren von mit Hartgummi umkleideten Isolatoren. Die Hohlkörperabteilung braucht zum Emailieren ihrer Duschen, Clysos und Zerstäuberbälle ganz besondere Gummiemailen, die besonders lebhaft und glänzende Überzüge geben sollen. Dies ist erforderlich, weil es auch heute noch keine käuflichen Lacke gibt, die den verschiedenen Mischungen und Vulkanisationsbedingungen in den einzelnen Fabriken gleichermaßen angepaßt sind.<sup>1</sup>

In neuerer Zeit tritt chlorierter Kautschuk als Basis für besonders widerstandsfähige Lacke für Anstrichzwecke auf Eisen, Holz, Beton u. dgl. in Erscheinung. Als Lösungsmittel dienen die üblichen Kautschuk-

<sup>1</sup> Kluckow, P., Die Anforderungen an Lacke und Farben für Kautschukwaren, Farben-Ztg. 37 (1932) S. 380

lösungsmittel wie Benzol und dessen Homologe, ferner Tetralin und die chlorierten Kohlenwasserstoffe. Chlorkautschuk ist dagegen unlöslich in Benzin, Alkoholen und Mineralölen. Er ist mit normalem Rohgummi auf Mischwalzen nicht mischbar. Als Grundstoff von Lacken ergibt derselbe jedoch außerordentlich säure- und alkalifeste Überzüge sowie Filme von einer besonderen Widerstandsfähigkeit gegen Stoß und Schlag. Das spezifische Gewicht beträgt 1,5. Der Chlorkautschuk besitzt eine große Aufnahme-fähigkeit für Farben und damit eine hohe Deckkraft. Durch die Aufnahme von mehr als 200% Chlor, auf das Ausgangsgewicht des Kautschuks bezogen, ferner bei dem billigen Preise des Chlors und der geringen Kostspieligkeit des Herstellungsverfahrens (Chlorieren einer Lösung von Kautschuk in Tetrachlorkohlenstoff bei 80° C) ist Chlorkautschuk verhältnismäßig billig. Über Herstellung und Anwendung gibt F. Kirchhof in der Gummizeitung Nr. 15 vom 8. Januar 1932, S. 497, eine gute Übersicht.

Es ist durchaus möglich, daß Chlorkautschuk auch für die Fabrikation technischer Gummiwaren wie Matten, Platten u. a. eine Rolle spielen wird, nämlich dann, wenn es gelingt, in Kombinationslacken, die auf Gummigrundlage gut haften und decken, die oben genannten guten Eigenschaften des Chlorkautschuks zur Geltung zu bringen.

Ebenso vielgestaltig ist das Gebiet der Kitte und Klebmassen für die verschiedensten Ansprüche, der gewöhnlichen und selbstvulkanisierenden Lösungen. Sie werden benötigt zum Aufkitten oder Kleben von Matten und Fußbodenbelag, von Gummipplatten auf Ledersohlen, von Gummischnüren auf Kinderwagenräder, Roller u. dgl., für Isolierbänder und Klebeverschlüsse, zum Reparieren von Fal boothäuten und von Regenmänteln und vieles mehr.

Ganz besondere Anforderungen an die Findigkeit und Sachkenntnis des Kautschukchemikers stellt die Ermittlung der wirklichen Ursachen von Reklamationen aus dem Betrieb oder von der Kundschaft dar, ebenso die Entwicklung solcher technischer Qualitäten, die ganz bestimmten und oft recht hochgespannten Anforderungen genügen sollen. Wengleich für die einzelnen Sondergebiete wie die der Untersuchung von Textilien und Metallen, organischer und anorganischer Füllstoffe und Farben, Erweicher, Beschleuniger und Aktivatoren zum Teil Standardmethoden bestehen, so hat doch der Kautschuktechniker darüber hinaus stets noch den Einfluß aller dieser verschiedenartigen Stoffe auf den Kautschuk nach der chemischen und physikalischen Richtung, der verarbeitungs- und vulkanisationstechnischen Seite hin, stets in den Kreis seiner Betrachtungen mit einzubeziehen.

### **Die Anforderungen an Rohgummi und Füllstoffe als erste Etappe zur Vermeidung von Verarbeitungsstörungen**

Da das Ausgangsmaterial selbst, der Rohgummi, als Naturprodukt nicht stets übereinstimmende Eigenschaften bezüglich seiner plastischen und vulkanisationstechnischen Eigenschaften besitzt und während des



Mischens, Vorwärmens, Kalanderns und Spritzens sowie ungünstiger Lagerungsumstände der unvulkanisierten Mischungen in den Abteilungen usw. weitere Schwankungsmomente erzeugt werden, so erklärt sich hieraus die besondere Schwierigkeit für den Kautschuktechniker, ein stets gleichmäßiges Ausfallsprodukt zu erzielen.

Seine Sorge hat also bereits hier einzusetzen, indem er die eingehenden Rohgummipartien entsprechend prüft, verschneidet und durch Vorwalzen vereinigt, um eine größere Menge einheitlichen Ausgangsmaterials sicherzustellen. Bereits von diesen vorbereitenden Maßnahmen hängt viel davon ab, wie sich später die fertige Mischung ziehen oder spritzen läßt oder in der Form verläuft.

Sehr wichtig ist die Beachtung der unterschiedlichen Alterungseigenschaften insbesondere der dunkleren Crêpe- und der Wildkautschuksorten. In einer ausgezeichneten Arbeit hat hier Kirchhof an Hand vieler Untersuchungen den schädigenden Einfluß des Mangangehalts und dessen Bedeutung für die Beschaffenheit verschiedener Kautschuksorten aufgezeigt.<sup>2</sup>

### Schutz gegen Kautschukgifte

Es besteht vielfach die verständliche Neigung, für billige technische Waren wie Matten, Platten, Dichtungsringe, Sohlen und Absätze und andere Formartikel aus Sparsamkeitsgründen die billigsten Rohgummisorten anzuwenden. Dies kann zu Rückschlägen führen, es sei denn, man kauft nur solche Partien, deren Mangangehalt zuvor als innerhalb der zulässigen Grenze liegend ermittelt wurde.

Die moderne Entwicklung der Kautschukzusatzstoffe gestattet aber auch in dieser Richtung bei der Zusammenstellung der Mischungen entsprechende Vorsorge zu treffen. Die Wirkung der Kautschukgifte, wie Kupfer und Mangan, beruht bekanntlich auf einer Beschleunigung der Kautschukoxydation. Man kann ihr durch Zusatz geeigneter Alterungsschutzmittel wirksam entgegenreten. Während sich Phenyl- $\alpha$ - und Phenyl- $\beta$ -Naphthylamin bei dunkleren Mischungen besonders bewähren, empfiehlt sich die Verwendung von Aldol- $\alpha$ -Naphthylamin bei Mischungen, die erhöhter Temperatur ausgesetzt werden. Für lichte Mischungen wendet man vorteilhaft z. B. das Alterungsschutzmittel MB (I. G. Farben) an.

Was die Verarbeitung brauner Crêpes anbetrifft, sind die Fabriken immer mehr dazu übergegangen, diese im Verschnitt mit Smoked sheets 1 : 1 zu verarbeiten.

Außer Mangan gehören auch Kupfer- und Eisenoxydulverbindungen zu den sogenannten »chemischen Gummigiften«. Diese finden sich nicht nur im Rohgummi, sondern insbesondere in einer Anzahl mineralischer Füllstoffe wie Kreide, Schwerspat, seltener in Magnesia, sehr häufig aber in Farbstoffen bergbaulicher Herkunft, wie Ocker, Umbra, Kaßlerbraun und Terra di Siena und weiterhin oft in gefärbten Geweben, die den Gummifabriken zum Gummieren eingesandt werden.

<sup>2</sup> Kirchhof, F., Kautschuk 7 (1931) S. 26

Übertriebene Sparsamkeit in der chemischen Rohmaterialprüfung rächt sich hier oft recht schwer, führt durch vorzeitiges Verderben oftmals zu schwerwiegenden Reklamationen und erfordert deshalb schon vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus eine Berücksichtigung in der Bereitstellung ausreichender chemischer Untersuchungsmittel<sup>3</sup> und Prüfungsgeräte. Der Ausbau eines chem. phys. Kontrollatoriums ist unerlässlich, sofern man auf Erhaltung der Qualität Wert legt.

Über die Bedeutung und Bestimmung des Kupfer- und Mangangehalts in Füllstoffen und Geweben liegen aus neuerer Zeit verschiedene Arbeiten vor, während von Fritz Frank verschiedentlich auf die Bedeutung eines Eisengehaltes auf das Leimigwerden des Kautschuks hingewiesen worden ist.<sup>4-7</sup>

Die Beobachtungen der Nachkriegszeit haben die unheilvolle Wirkung schon von Spuren dieser Gummigifte immer wieder bestätigt, andererseits aber auch gezeigt, wie man sich durch Mitverwendung geeigneter Schutzmittel vor Schaden bewahren kann. Die Voranstellung des Kapitels über Gummigifte und Schutzmittel ist im Hinblick auf

#### das Färben technischer Gummiwaren

besonders wichtig, weil die billigeren Massenartikel wie Sohlen und Absatz, Matten und Fußbodenbelag, viele Form- und Spritzartikel, auch billige Farbstoffe erfordern. Vor dem Kriege spielten schon die hier erwähnten Erdfarben wie Umbra, Kaßlerbraun, Ocker, Terra di Siena und verschiedene andere eine große Rolle.

Die Tatsache, daß man in den meisten dieser Erdfarben mehr oder minder große Mengen von Mangan analytisch nachweisen kann, hat es auf Grund der Erkenntnisse, die man über die schädliche Wirkung dieses Elementes in den letzten Jahren gesammelt hat, mit sich gebracht, daß der fortschrittlich eingestellte Kautschukchemiker sich in zunehmendem Maße von diesen Farbstoffen zu befreien versucht. Die Möglichkeit hierzu bietet die Verwendung der vor allem im Ausland in den letzten Jahren zunehmend propagierten künstlichen Eisenoxydsorten. Sie sind heute in fast sämtlichen Farbschattierungen vom tiefen Schwarz bis zum leuchtenden Rot erhältlich. Diese Eisenoxyde haben außer großer Teilchenfeinheit den Vorteil gleichmäßigsten Anfalles und völliger Freiheit von solchen Mengen von Kupfer und Mangan, die für die herzustellenden Gummiwaren nachteilig sein könnten. (Die neutrale chemische Reaktion dieser Produkte hat ihnen auch bereits auf dem Gebiete der Latexverarbeitung weitgehenden Eingang verschafft.)

Für alle besseren roten Waren spielte der Goldschwefel in seinen verschiedenen Farbnuancen und Gehalten an freiem Schwefel jahrzehntelang eine führende Rolle, zumal demselben außer seiner fär-

<sup>3</sup> Kluckow, P., Über katalytisch wirksame Rohstoffgifte, Z. angew. Chem. (1932) S. 86

<sup>4</sup> Ruthing, A., Chem. Ztg. (1930) H. 42

<sup>5</sup> Kluckow und Siebner, Kautschuk 6 (1930) S. 161

<sup>6</sup> Kluckow und Siebner, Kautschuk 7 (1931) S. 224

<sup>7</sup> Frank, Fritz, Kautschuk 7 (1931) S. 75



benden auch noch andere günstige Eigenschaften zukamen. So schreiben viele Kautschuktechniker Gummiwaren, die mit Goldschwefel gefärbt wurden, eine besonders ausgeprägte gute Alterung zu, z. B. bei Flaschenscheiben, Gummischwämmen und andere wie überhaupt allen roten Waren, bei denen Goldschwefel das färbende Agens ist. Es ist anzunehmen, daß es sich hier um einen optisch-physikalischen Effekt handelt, indem durch die Reflexion der roten Wärmestrahlen eine schützende Wirkung ausgeübt wird. Selbstverständlich ist dies nur eine einseitige Erklärung, denn es müßten ja dann alle übrigen roten Farbstoffe den gleichen Anspruch haben. Ein großer Nachteil in der Verwendung von Goldschwefel liegt leider in der Schwierigkeit, ein stets gleichmäßiges Produkt zu erhalten und ferner in der ungünstigen Verteilbarkeit der Goldschwefelpartikelchen in der Mischung. Die Herstellung eines säurefreien, vulkanisationsbeständigen Goldschwefels mit stets gleichem Gehalt an freiem Schwefel und gleichmäßiger Farbnuance erfordert eine außerordentliche Sorgfalt und der Praktiker weiß ein Lied zu singen von den Farb- und Vulkanisationsschwankungen, deren Ursache der verwendete Goldschwefel war.

Schon vor langer Zeit versuchte man, Cadmiumfarben in roten Farbtonungen einzuführen, was aber immer wieder an dem hohen Preis und auch an der ungenügenden Zuverlässigkeit dieses Farbstoffs<sup>s</sup> scheiterte. Sie wirkten mehr oder weniger vulkanisationsverzögernd und gaben keine Garantie für einen gleichmäßigen Ausfall derart gefärbter Vulkanisate. Man scheint heute diese Mängel überwunden zu haben, da in letzter Zeit Cadmiumfarben auf dem Markt erschienen sind, denen man folgende Vorteile nachrühmen kann. Sie weisen keinen nennenswerten Einfluß auf die Wirkung der Beschleuniger mehr auf, sind licht- und dampfecht sowie hitzebeständig, ungiftig und selbst frei von Spuren von Kupfer und Mangan. Der Umstand, daß sie im Preise noch etwas hoch liegen, verhindert vorderhand zumindest noch ihre allgemeinere Verwendung. Da sie jedoch eine beträchtliche Farbkraft besitzen, man mit anderen Worten bereits mit 1 bis 3% auf Gummi berechnet, sein Auskommen findet, dürfte ihre Anwendung gerade auf den Gebieten, wo absolute Giftfreiheit Bedingung ist, zunehmend Bedeutung gewinnen. Andererseits ist nicht zu verkennen, daß die farbkraftigeren und praktisch zumeist ungiftigen organischen Farben immer mehr an Boden gewinnen und langsam aber sicher in nicht mehr ferner Zeit sowohl Zinnober wie Goldschwefel und Cadmiumrot verdrängen werden! Dadurch, daß die anorganischen Farbstoffe bei hohem spezifischen Gewicht ein nur geringes Farbvermögen aufweisen, während bei den organischen Farben die Dinge gerade umgekehrt liegen, also bei leichtem spezifischen Gewicht ein hohes Farbvermögen aufweisen, ist die Überlegenheit der letzteren so groß, daß man an diesen Tatsachen im Interesse günstiger Kalkulationen nicht mehr vorbei kann.

<sup>s</sup> Easley, M. K., und Eide, A. C., Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 568: Einfluß von Cadmiumverbindungen auf organische Beschleuniger während der Vulkanisation.

Die Verdrängung der erwähnten teuren anorganischen Farbstoffe durch organische erfolgt gewissermaßen zwangsläufig und läßt sich weder abstoppen noch zurückdrängen. Die Vervollkommnung der organischen Farben hat im Laufe der letzten Jahre nennenswerte Fortschritte gemacht. Wir besitzen heute bereits eine Anzahl marktgängiger organischer Gummifarben, die selbst den schärfsten Prüfbedingungen der einzelnen Fabriken wie z. B. Beständigkeit gegen heißes Wasser, Alkohol, Essigsäure, Fette, Laugen usw. standhalten. Da sie auch gegenüber der Einwirkung gewisser Beschleuniger, sowie gegenüber den verschiedenen Vulkanisationsmethoden, in letzter Zeit an Beständigkeit schon merklich zugenommen haben und auch ihre Lichtechtheit kaum mehr viel zu wünschen übrig läßt, kann man mit ihrer zunehmenden Verarbeitung schon als sicher rechnen.

Das Färben von Kautschukwaren ist heute zu einem Wissensgebiet für sich geworden und setzt mancherlei Kenntnisse voraus, um Fehlschläge zu vermeiden. Um sich deshalb vor der Verarbeitung im großen ein Bild von der chemischen, physikalischen und mechanischen Brauchbarkeit und Wirtschaftlichkeit eines neuen Farbstoffs zu machen und denselben gegebenenfalls in Vergleich zu setzen mit den bisher verarbeiteten, ist er nach verschiedenen Richtungen hin zu prüfen. In erster Linie ist die Feinheit und chemische Reinheit zu untersuchen. Was die Höhe des Kupfer- und Mangangehaltes anbelangt, so dient auch hier zweckmäßigerweise 0,005% als Höchstgrenze ohne Rücksicht darauf, ob der zu färbenden Mischung viel oder wenig zugesetzt wird. Man sichert sich so vor unangenehmen Überraschungen und erzieht die Hersteller von Kautschukfarben immer mehr zur Einhaltung der Grundforderungen nach Freisein der Farbstoffe von Kupfer-, Mangan- und Eisenoxydulverbindungen.

Da der einzelne Fabrikant, je nach den von der Kundschaft an seine Produkte gestellten Anforderungen, verschiedene Prüfungen vornimmt, erscheint eine Standardisierung derselben heute zumindest noch verfrüht. Im allgemeinen wird sich die Prüfung erstrecken auf: Siebfeinheit, Reinheit der Farbstoffe (Prüfung auf Cu und Mangan), Löslichkeit, Licht-, Dampf-, Vulkanisationsbeständigkeit, Farbkraft, Dispersitätsgrad in Mischungen, Ausblühen an die Oberfläche usw.

H. Pohl e führte erstmalig wertvolle Untersuchungen mit dem Ultramikroskop durch und verglich die Verteilung der Füll- und Farbstoffe am Anfang und am Ende des Mischprozesses, also die anfängliche »Packungsfinheit« mit der »Endfeinheit« in der fertiggemischten Mischung. Die Auswertung solcher »Modellmischungen« hat sich insbesondere bei verstärkenden Füll- und Farbstoffen derart gut bewährt, daß sich die physikalischen Eigenschaften voraussagen und an Hand charakteristischer Unterschiede sogar der Fabrikant ermitteln ließ, wenn man die Befunde mit den vorhandenen Standardpräparaten in Vergleich setzte. Dies galt insbesondere für die verschiedenen Ruß-, Zinkweiß- und Goldschwefel-sorten.



Zur wissenschaftlichen Vertiefung in weitere Fragen der Adsorptions-<sup>9, 10</sup> und in andere Verhältnisse der Farbstoffpigmente<sup>11</sup> sowie der Einflüsse der organischen Vulkanisationsbeschleuniger auf einzelne Farbstoffe<sup>12</sup> sei auf die angegebenen Literaturangaben verwiesen.<sup>12a</sup>

### Die Herstellung technischer Mischungen

Über technische Einzelheiten von Mischwalzen ist im Kapitel »Kautschukmaschinen« Näheres zu ersehen. Es sei hier nur nachdrücklich gewarnt vor der Anwendung zu kleiner Mischwerke bzw. zu großer Mengen an Mischgut. Abgesehen von der starken Überlastung von Walzwerk und Motor kann man niemals eine genügend homogene Mischung erzielen, weil sich zuviel Reibungswärme und in Verbindung damit auch eine unzureichende Plastikation des Gummis ergibt. Zeitraubende Störungen sind sonst bei der späteren Verarbeitung die Folge. Als zweckmäßigstes und rentabelstes Mischwerk gilt in Technikerkreisen heute immer noch das 60-Zoll-Walzwerk, dessen Ballenlänge also 1500 mm beträgt. Sehr wichtig ist ferner die Berücksichtigung bester Kühlwirkung, insbesondere dann, wenn keine Kälte erzeugende Anlage zur Verfügung steht. Je größer die Kühlwirkung, um so nachhaltiger die Erweichung, aber auch um so größer die Zeitersparnis, weil sich auf kälteren Walzen der gleiche Plastifiziereffekt in erheblich kürzerer Zeit erreichen läßt und, was am wesentlichsten ist, die nachfolgende Verarbeitung eine weit reibungslosere und gleichmäßigere ist und damit auch der spätere Ausfall der Vulkanisate. Hierzu hat E. Wurm in seiner Arbeit »Praktische Winke für die Fabrikation« ausführlicher Stellung genommen, es sei deshalb darauf verwiesen.<sup>13</sup>

Viele technische Waren, insbesondere Formartikel, erfordern eine kurze Vulkanisationsdauer und damit eine starke Beschleunigung. Um die Gefahr vorzeitiger Anvulkanisation weitestgehend zu vermeiden, ist auf schnellstes Abkühlen der von der Mischwalze abgeschnittenen Stücke zu achten. Die abgeschnittenen Felle sind niemals als Puppe, sondern stets nur als Platten abzuschneiden und nach dem Einstreichen mit Talkumwasser einzeln bis zum Erkalten über geeignete Gestelle zu legen. Noch besser ist es, sofern Raum und Anlage es gestatten, die abgeschnittenen Felle in ein Wasserbassin mit ununterbrochenem Frischwasserzulauf zu legen. Ein Poröswerden im Laufe der Vulkanisation ist nicht zu

<sup>9</sup> Pohle, H., Kolloid-Z. 39 (1926) S. 1

<sup>10</sup> Pohle, H., Z. wiss. Mikrosk. (1927) S. 183—195, referiert Gummi-Ztg. 41 (1927) S. 2755

<sup>11</sup> van Hoek, Farben-Ztg. 31 (1926) S. 1136, daselbst weitere Literaturangaben

<sup>12</sup> Ditmar, R., Chem.-Ztg. 51 (1927) S. 332

<sup>12a</sup> Obwohl die vorstehenden Ausführungen vielfach in anderen Abschnitten bereits erörterte Einzelheiten wiederholen, hielt ich es für richtig, sie hier nicht zu streichen, da ihre Bedeutung für die Erzielung einwandfreier Ware nicht oft genug betont werden kann. Verwiesen sei im besonderen auf die Abschnitte: Chemische Prüfung; Mischwesen; Oxydation und Alterung. (Anmerkung des Herausgebers.)

<sup>13</sup> Wurm, E., Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 861

befürchen, Spritzen usw. da etwa aufgenommenes Wasser beim Vorwärmen wieder verdampft.

Während man früher der Anwendung von Wasser sehr skeptisch gegenüberstand, nutzt es heute jeder erfahrene Mischtechniker durch sinngemäßen Gebrauch als besten aller »Antiscorcher« aus, sehr zum Vorteil der sachgemäßen Herstellung und reibungslosen Verarbeitung, insbesondere der stärker beschleunigten Mischungen. Siehe hierzu »Das Wasser und seine Verwendung bei der Herstellung von Gummimischungen«. <sup>14</sup>

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß man die beim Spritzen und Kalandern möglichen Schwierigkeiten nicht allein mit Hilfe von Erweichern beheben kann. Das erste Gebot bleibt stets die richtige und zweckmäßige Vorbearbeitung des Rohgummis und der Mischung. So ist bei hochwertigen Schlauchmischungen, z. B. bei Gasschläuchen, nur ein beschränkter Gehalt an den üblichen Erweichern zulässig, um das Auftreten kleiner Bläschen oder das Zusammenfallen in der Pfanne zu verhüten. Läuft eine derart ordnungsgemäß eingestellte Mischung lange Zeit zur Zufriedenheit, so verbleibt als Ursache plötzlichen Versagens beim Spritzen, wie verlangsamter Austritt, vorzeitiges Anvulkanisieren, mangelnde Glätte, veränderte Quellung usw. nur der Rückschluß auf ein unzureichendes Vorwalzen des Rohgummis oder ungenügender Misch- oder Vorwärmarbeit übrig. Das gleiche gilt für das ungenügende Verlaufen von Preßplatten, deren Oberflächen glatt sein sollen. Entweder ist die Fließarbeit im Anfangsstadium der Vulkanisation durch die genannte ungenügende Vorarbeit der Mischung nicht ausreichend oder die Beschleunigung setzt zu früh ein und fixiert damit die vorhandenen Fehler wie Krähenfüße, aufgestochene Blasen und andere Schönheitsfehler.

Selbstverständlich erreicht man durch Verwendung geeigneter Beschleuniger eine ausgleichende Wirkung, aber stets ist auch hier die sinngemäße Herstellung der Mischung die Voraussetzung bester Effekte in der Verarbeitung wie im endgültigen Ausfall der Ware.

Was die Plastizitätsschwankungen der Mischungen anbelangt, so gibt es heute leider noch kein Instrument, das mit der erforderlichen Schnelligkeit dem Mischsaalleiter die zur weiteren Verarbeitung, z. B. auf der Schlauchmaschine geeignetsten Plastizitätsgrenzen angibt, denn die heutigen Plastizitätsmesser sind für den normalen Ablauf der Belieferung der Abteilungen sowohl hinsichtlich der Geschwindigkeit der Messungen als auch des dazu benötigten Aufwandes noch reichlich unpraktisch und zeitraubend.

Behre hat in einer umfassenden Untersuchung der verschiedenen Plastometer-Prüfmethoden <sup>15</sup> den Wert der einzelnen Meßarten beschrieben. Unzweifelhaft ist es für den Mischungstechniker von größtem Wert, den Einfluß der verschiedenen Füllmittel auf die Fließbarkeit, die Anfangstemperatur der Vulkanisation unter dem Einfluß der verschiedenen Beschleuniger und Beschleunigerkombinationen, die zahlenmäßige

<sup>14</sup> Hill, O., Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 488

<sup>15</sup> Behre, I., Kautschuk 8 (1932) S. 2 und 167



Festlegung der geeignetsten Plastizitätsgrenzen für die Verarbeitung auf Kalander und Spritzmaschine zu ermitteln, die Methoden müßten jedoch in Anbetracht der großen Zahl der täglich in mittleren und größeren Fabriken herzustellenden Mischungen bei ausreichender Genauigkeit so schnell durchgeführt werden können, daß sie dem Arbeitstempo anzupassen sind und keine längeren Verzögerungen in der Belieferung der Abteilung hervorrufen.

Wenngleich eine weitgehende Vergleichmäßigung innerhalb des Rohgummis durch Verschneiden verschiedener Partien, Zusammenwalzen und planmäßiges Vormastizieren erreichbar ist, so treten doch durch das spätere Vorwärmen und Spritzen selbst, durch Hinzunehmen von bereits stark erweichten unvulkanisierten Abfällen wie überhaupt durch Ungleichmäßigkeiten in den einzelnen Arbeitsphasen immer wieder Unterschiede in den zu verschiedenen Zeiten gelieferten Mischungen auf, so daß hierin eine wesentliche Ursache der Fehler wie den bei weichen Gasschläuchen erwähnten, zu suchen ist.

Die sinngemäße Anwendung von Beschleunigern und Erweichern vorausgesetzt, desgleichen weitestgehende Übereinstimmung der plastischen Eigenschaften von Rohgummi und Mischung, so verbleiben noch in der Lagerzeit und Lagertemperatur zwei Momente von oftmals entscheidender Bedeutung für die Brauchbarkeit der Mischung, so daß mischungs- und verarbeitungstechnische mit organisatorischen Fragen Hand in Hand gehen müssen. Letztere kann man als Gefahrenmomente dann ausschalten, wenn eine Kälteanlage das Aufbewahren in kühlen Räumen ermöglicht.

Wenn die amerikanischen Gummifachleute von einer Wissenschaft des Mischens reden und in früheren Vorschlägen für die Ausbildung des Nachwuchses an Gummitechnikern eine Mindestzeit von fünf Jahren verlangen, so kennzeichnet dies zu einem Teil Größe und Umfang des Erfahrungsbereichs, den sich derjenige aneignen muß, der nicht nach empirischen Meisterregeln, sondern auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnis zusammen mit praktischer Erfahrung die Materie beherrschen will.

Die eingehende Beschreibung aller Fehlermöglichkeiten und deren Beseitigung würde ein ganzes Buch füllen, so daß hier nur das notwendigste gesagt werden konnte. Einzelheiten sind den bekannten Fachwerken zu entnehmen.

### **Bedeutung der Erweicher in technischen Gummiwaren**

Wenn im vorhergehenden Kapitel immer wieder auf die Wichtigkeit der Fließbarkeit von Kautschukmischungen, einmal im unvulkanisierten Zustande zur Erzielung möglichst störungsfreier Verarbeitungsbedingungen, zum andern zwecks guten Verlaufs in den Formen oder unter der Presse während der der Vulkanisation vorausgehenden Fließperiode hingewiesen wurde, so zeigt dies die große Bedeutung dieser Fragen für die Erzielung eines möglichst ausschuffreien Fabrikats. Die richtige Erkenntnis der Zeitdauer der Fließbarkeit ist somit die wichtigste Handhabe zur Vermeidung von Fehl- und Sekundäware.

Der Zusammenhang der beim Mastizieren des Rohgummis und der Mischarbeit sowie der durch die Stärke der Vulkanisationsbeschleunigung bereits mit auf den Weg gegebenen Grenzen für diese Fähigkeit wurde bereits betont. Als dritter Faktor spielen aber auch die als Erweicher bekannten Zusätze eine bedeutsame Rolle, da sie außer den erweichenden Eigenschaften noch andere charakteristische Wirkungen ausüben vermögen, die in dem einen Falle ihre Anwendung empfehlen, im andern aber direkt nachteilig erscheinen lassen.

Man verwendet für diese Zwecke hauptsächlich organische Stoffe wie Regenerate, Faktis, Bitumina, mineralische Öle wie Vaseline-, Paraffin- und Mineralöl, Ozokerit und Paraffin, Wollfett, Fettsäuren, Wachsalkohole, spezielle Leime, Harze, Teer und Teeröle und verschiedene andere. Über die wesentlichsten Eigenheiten dieser Erweicher ist folgendes zu sagen:

### Regenerate

Die Anwendungsmöglichkeit ist eine sehr weitgehende, sie werden in fast allen technischen Artikeln, die heiß vulkanisiert werden können, verarbeitet, auch in Hartgummimischungen. Es erscheint aber zweckmäßig, sich vor der Verarbeitung durch entsprechende Vorversuche darüber zu informieren, in wieweit das angewandte Regenerat die Wirkung des jeweils angewandten Beschleunigers beeinflusst. Arbeiten von Plum b<sup>16</sup> ergaben, daß Regeneratzusatz die Mischungen gewissermaßen vulkanisationsbeständiger machte, da Beschleunigermischungen mit Regenerat stets flachere Vulkanisationskurven zeigen als solche ohne Regenerat! Die Vorteile geeigneter Regenerate bestehen in ihrer plastizierenden Eigenschaft, wodurch ein Arbeiten bei niedrigeren Walzentemperaturen möglich ist. Sie verringern ferner den Beschleunigerverbrauch und wirken auch dadurch verbilligend. Weiterhin vermindern sie das »Quellen« dünner Platten beim Ziehen vom Kalander sowie beim Spritzen. Nachteile sind, besonders wenn in größerer Menge anwesend, die Verringerung der Elastizität, die Verminderung der Hitzebeständigkeit sowie des Abnutzungswiderstandes.<sup>17</sup> Das Mastizieren von Regenerat erhöht stark dessen Klebrigkeit, während sich jedoch die physikalischen Zahlen weniger verschlechtern als beim Mastizieren von Rohgummi.<sup>18</sup>

Kautschukregenerate sind nicht für alle Zwecke brauchbar, aber eine gut eingestellte Regeneratmischung kann einer Rohgummimischung oftmals durchaus überlegen sein, wodurch die Existenzberechtigung von Regeneraten auch in Zeiten billiger Rohgummipreise durchaus gegeben ist. Ein recht instruktives Bild über den Wert von Regeneratzusätzen erhält man durch die Arbeit von E s c h »Über Zusammensetzungsvorschriften

<sup>16</sup> Plum b, J. S., Rub. Age 30 (1932) S. 441. Ref.: Gummi-Ztg. 46 (1932) S. 1061

<sup>17</sup> Sanderson, C. W., Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 939. Ref.: Gummi-Ztg. 46 (1931/32) S. 84

<sup>18</sup> Swisher, D. W., und Sanders, W. P., Rub. Age N. Y. 25 (1929) S. 559. Ref.: Gummi-Ztg. 44 (1929) S. 138



und Abnahmebedingungen für Kautschukwaren.«<sup>19</sup> Esch behandelt hier zwar die Frage des Regeneratzusatzes nicht von dem hier im Vordergrund der Betrachtung stehenden Standpunkt aus, sondern zeigt an Hand praktischer Beispiele, daß auch regenerathaltige Mischungen (bei Esch Kraftwagenbereifungen!), unter bestimmten Voraussetzungen sogar bessere Abnutzungsergebnisse aufzuweisen vermögen als solche ohne Regeneratzusatz.

Die Verwendungsfähigkeit der heutigen Regenerate hat eine Entwicklung erfahren, die über die von billigsten Mischungen wie Dichtungspalten, Matten, groben Formartikeln über Absätze, Sohlen, technische Form- und Preßwaren aller Art jetzt in fast alle Fabrikationsgebiete geführt hat mit Ausnahme der Tauch- und Patentgummiwaren.

Die Prüfung und Auswahl der Regenerate richtet sich weniger nach chemischen Daten, sondern fast ausschließlich nach dem mechanischen Effekt, also den Verarbeitungseigenschaften auf der Spritzmaschine und am Kalandrierer sowie den Alterungseigenschaften und der Sauberkeit, d. h. der Abwesenheit von nicht genügend regenerierten und noch harten »Stippen« sowie Fremdkörpern wie insbesondere Eisensplitter. Eine eingehende Orientierung über den Wert und die Bedeutung der Regeneratverarbeitung vermitteln die in dieser Hinsicht recht wertvollen Arbeiten von P. A l e x a n d e r, dem Bekämpfer der Tendenz vieler deutscher Kautschukfachleute, die Bedeutung von Erzeugung und Verarbeitung von Regeneraten immer vom jeweiligen Stand der Rohgummipreise abhängig machen zu wollen, weil sie von den technischen Vorteilen der Regeneratanwendung zu wenig verstehen und den volkswirtschaftlichen Nutzen gänzlich übersehen.<sup>20</sup>

### Faktis,

in den Zeiten niedrigster Rohgummipreise, wie 1932/33, um das zwei- bis vierfache teurer als Rohgummi, würde längst vom Markt verschwunden sein, wenn sich nicht durch eine Reihe günstiger Eigenschaften seine Unentbehrlichkeit erwiesen hätte. Für die Herstellung vieler technischer Artikel kommen hier in erster Linie die braunen Faktisarten in Frage, insbesondere für Qualitäten wie kompliziertere Profilstreifen, die besonders weich und glatt sein sollen oder dünnwandige Schläuche, deren Gleichmäßigkeit von Wandstärke und Dimensionen ohne die Mitverwendung von Faktis größeren Schwankungen ausgesetzt wäre. Die Zeitverluste und Störungen durch das Ändern der Profilscheiben sind jedem Techniker, der mit Spritzmaschinen umzugehen weiß, hinreichend bekannt!

<sup>19</sup> Esch, W., Kautschuk 4 (1928) S. 80

<sup>20</sup> Alexander, P., Die Entwicklung der Kautschukregeneration in der Nachkriegszeit und ihre Bedeutung für die Kautschukwirtschaft. Gummi-Ztg. 42 (1928) S. 2796, 2847; Gummi-Ztg. 44 (1930) S. 2396, 2443; Gummi-Ztg. 45 (1930) S. 416

Qualitäten, in denen die Menge an Faktis den Gehalt von 5% nicht übersteigen darf, sind solche für Flaschenscheiben für Soda-, Selters- und Mineralwasser, Milch, Bier usw. Ferner Konserveninge, Bier-, Wein- und Essigschläuche und andere Nahrungsmittelzwecke, weil die Gefahr einer geschmacklichen Beeinflussung zu groß ist. Ein höherer Gehalt ist auch durch die Vorschriften des Instituts für das Gärungsgewerbe nicht zulässig:

Im allgemeinen aber ist Faktis ein ausgezeichneter Plastikator zur Erzielung einer störungsfreien Formgebung unvulkanisierter Mischungen. Das Ziehen von Platten auf dem Kalander und das Spritzen auf der Schlauchmaschine kann bei faktishaltigen Mischungen im allgemeinen bei niedrigeren Temperaturen erfolgen, so daß die Gefahr der Anvulkanisation und von Deformationen nach der Formgebung verringert wird.

Faktis hat sich als ein äußerst beständiger Körper erwiesen, der insbesondere den Atmosphärien gegenüber widerstandsfähiger ist als Rohgummi- und Weichgummiqualitäten. Es erübrigt sich wohl besonders darauf hinzuweisen, daß faktisenthaltende Qualitäten überall dort nicht in Frage kommen, wo der fertige Gummiartikel im Gebrauch mit solchen Substanzen in Berührung kommt, die auf Faktis einen schädigenden Einfluß haben. (Siehe den Abschnitt Faktis.)

### Mineral-Rubber, Teer, Pech

Die als Bitumen bzw. Mineral-Rubber gebräuchlichen Produkte sind so gut wie ausschließlich geblasene Erdölasphalte, die bei der Vulkanisationstemperatur etwas Schwefel binden. Mit andern fand auch W. N. Burnbridge<sup>21</sup>, daß die plastizierende Einwirkung der großen Zahl der verschiedenen Erweicher nicht nur eine quantitative, sondern auch eine qualitative ist. Burnbridge rechnet Bitumen und Nadelholzteer zu den echten Erweichern, die den Kautschuk physikalisch verändern, indem sie die Kautschukteilchen quellen und auf diese Weise ihre Zähigkeit vermindern, während dagegen die scheinbaren Erweicher wie Paraffin, Vaseline, Fettsäuren sich im Kautschuk nur wenig lösen und deshalb auch nur sehr wenig in die Teilchen eindringen. Vielmehr umhüllen sie dieselben und lockern bzw. lösen dadurch gewissermaßen ihren Zusammenhang und wirken somit als Schmiermittel.

Dadurch besitzt die erste Art von Weichmachungsmitteln einen großen Vorteil gegenüber der zweiten, weil die Wirkung der ersten lediglich auf einer Verdünnung beruht, nicht aber auf einer Lösung des Zusammenhangs zwischen den Kautschukteilchen. Hieraus erklärt sich nach Burnbridge, weshalb schon geringe Mengen von Mineralöl, Vaseline, Paraffin genügen, um die mechanische Festigkeit des Kautschuks ganz bedeutend herabzusetzen.

Von technischer Wichtigkeit ist die chemische Indifferenz des Bitumens, wodurch Kautschukmischungen widerstandsfähiger gegen Säuren

<sup>21</sup> Trans. I. R. I. 1 (1926) S. 429



und Alkalien gemacht werden können. Weiterhin sind bitumenhaltige Schläuche z. B. undurchlässiger für Gase und Wasser, was aber auch vom Gesamtaufbau der Mischung mit abhängt. So ist Bitumen im allgemeinen ein guter, billiger Erweicher. Für ganz billige Waren verwendet man vielfach Teer und Pech, deren plastizierende Wirkung jedoch sehr stark von der Arbeitstemperatur abhängig ist, d. h. in der Wärme zu flüssig ist und sodann die Mischungen leicht zu klebrig und weich macht, in der Kälte dagegen hart und spröde (Pech!).

### Leim

In die Reihe der festen Erweicher gehört ferner Leim, der schon vielfach das Objekt eingehender Untersuchungen des Verhaltens in Kautschukmischungen bildete und von den meisten Forschern und Praktikern im Gegensatz zu den zuvor genannten Erweichern als ein »aktives« Weichmachungsmittel angesprochen wird.

Leim hat in den letzten Jahren in steigendem Umfange als wertvolles Hilfsprodukt insbesondere zur Erleichterung der Herstellung technischer Gummiwaren und zur Erzielung anderer Effekte, von denen noch die Rede ist, eine größere Bedeutung erlangt. An und für sich ist die Anwendung von Leim durchaus nicht neu. In der »Technologie der Kautschukwaren« erwähnt G o t t l o b, 1925, bereits die Arbeiten von G r e i d e r sowie P. M. A u l t m a n n und N o r t h. Erwähnt sei ferner die Aufnahme der Leimbestimmung bei der chemischen Analyse von Kautschuk in den 1926 bekanntgegebenen »Richtlinien für die Prüfung von Kautschuk«, aufgestellt vom Ausschuß 13 des deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik.

Die Verarbeitung von Leim in Kautschukmischungen wurde, vorsichtig tastend, immer wieder in kleinerem Umfange aufgenommen, ohne sich richtig einführen zu können. Wenn hierin heute eine Änderung in der Richtung eines zunehmenden Verbrauchs eingetreten ist, so dürften die folgenden Umstände mit eine wesentliche Ursache sein:

Die Versuche in früheren Jahren wurden mehr oder weniger wahllos mit den verschiedensten Leimen des Handels, zumeist Haut- oder Knochenleim, vorgenommen. Ganz abgesehen davon, daß früher überhaupt geringere oder keine Ansprüche an die Beschaffenheit der Leime gestellt wurden, z. B. mit Bezug auf den Säuregehalt, so weisen doch dieselben qualitativ große Verschiedenheiten auf, die für ihre sonstige Verwendung wohl wenig ins Gewicht fallen, für ihre Verwendbarkeit in Kautschukmischungen aber von großer Bedeutung sind. Der Kautschukfachmann stellt heute an die zu verwendenden Leime hohe Anforderungen. Er verlangt nicht nur unbedingt gleichmäßige Beschaffenheit der einzelnen Lieferungen, wofür der Leimhersteller besondere Gewähr leisten muß, sondern darüber hinaus noch, daß sie auch sonst auf die besonderen Ansprüche der Kautschukindustrie zugeschnitten sind.

Mit derartigen Leimen lassen sich manche Misch- und Verarbeitungsschwierigkeiten überwinden, wo andere Erweicher versagen oder aus

andern Gründen nicht angebracht erscheinen. Sie bewirken eine starke Erleichterung der Mischarbeit, besonders bei stark gefüllten Mischungen mit schwer verteilbaren Füllstoffen wie Gasruß, Magnesia carbonica, Kieselgur u. a. Besondere Typen dieser Spezialleime gestatten sogar deren Anwendung in weißen und transparenten Mischungen. Die japanischen Schuhfabriken haben sich diese Vorteile besonders zunutzen gemacht durch Herstellen stärker gefüllter, zäher Qualitäten für transparente Sohlen, was nur durch die sinngemäße Mitverwendung von Leim ermöglicht worden ist. G r e i d e r zeigte bereits, daß die gleichzeitige Mitverwendung von Magnesia carbonica in Leimmischungen sich günstig auswirkt.<sup>22</sup>

Die frühere Verwendung von Leimen, die nicht genügend den Anforderungen der Kautschukchemiker entsprachen, führte nicht selten zu einer vorzeitigen Verhärtung bzw. Verkrustung der Oberfläche solcher Mischungen und war deshalb mit eine Ursache der erwähnten Abneigung gegen diesen Hilfsstoff. Bei den vielen komplizierten Formartikeln oder härteren technischen Qualitäten, die die Spritzmaschine passieren müssen, ist es heute nicht mehr gut möglich, auf die Anwendung von Leim zu verzichten, vorausgesetzt, daß die richtige Auswahl erfolgte und die Zusammensetzung der Mischung sinngemäß ist. Ebenso wie in Sohlen für Stoff- oder Gummischuhe kann Leim in anderen technischen Spezialqualitäten eine maßgebende Rolle spielen, wie z. B. überall dort, wo es sich um die Erzeugung von Gummiwaren handelt, die in ihrem Gebrauch mit organischen Lösungsmitteln in Berührung kommen. So findet Leim heute Verwendung bei der Herstellung sog. Benzinschläuche, bei der Verarbeitung von Kautschuk für Kraftmaschinenlagerung, bestimmter Qualitäten von Druckwalzen u. dgl.

Abgesehen von den genannten Gründen, die teils auf ungeeignete Leimsorten, teils darauf beruhten, daß die Vorteile einer Leimverarbeitung weniger im Laboratorium, um so stärker aber erst im Betrieb in Erscheinung treten, stand der allgemeineren Anwendung auch noch der Umstand entgegen, den Leim einwandfrei und gleichmäßig ohne zu großen Zeit- und Kraftaufwand in die Mischungen einzubringen. Erst die richtige Lösung dieser Aufgabe führte zur allgemeineren Anwendung. Der beste und sicherste Weg zur Erzielung homogener Mischungen ist die der Herstellung von Leim-Gummi-Batches, was bei richtiger Handhabung keine besonderen Schwierigkeiten macht. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die richtige Auswahl der dem Leim zuzusetzenden Wassermenge, Temperatur usw., um die günstigste Quelldauer des Leimes und die Erzielung einer klümpchenfreien glatten Lösung zu gewährleisten.

### Öle, Fettsäuren, Harze und die verschiedenen anderen Erweicher

Eine der eingehendsten Arbeiten über den Einfluß der Erweicher auf die Eigenschaften von Kautschukmischungen ist die von W. N. B u r n -

<sup>22</sup> Ind. Engng. Chem. 16 S. 151—155



bridge, die bereits zitiert wurde und von Friedrich Emden referiert ist.<sup>23</sup>

Die große Zahl der als Erweicher verwendeten Mittel erschwert stark das exakte Studium des Einflusses derselben auf Verarbeitung und Vulkanisation, auf die physikalischen und die Alterungseigenschaften. Der Betriebschemiker wird aus Mangel an Zeit nur selten in der Lage sein, eine zahlenmäßige Ermittlung der feineren Unterschiede vornehmen zu können, obwohl er auf Grund seiner praktischen Erfahrungen hierzu am berufensten wäre.

Zunächst ist er vielmehr bestrebt, mit Hilfe einer geeigneten Auswahl diejenigen Eigenschaften zu erzielen, die ihm die Mischarbeit erleichtern oder das Ziehen dünner Platten gestatten, frei von Bläschen oder zu starkem Haften oder zu leichtem Abfallen von den Walzen. Dies ist zumeist nicht durch die einseitige Zugabe von Mineral-, Paraffin- oder Vaselineöl bzw. Stearinsäure, Pine tar, Harzöl usw. zu erreichen, sondern erfordert vielfach die Anwendung von zwei oder drei Erweichern, deren Composition sich weniger nach dem Aufbau der Mischung und mehr nach den Verarbeitungsbedingungen zu richten hat. Es empfiehlt sich, vor der Verarbeitung der Erweicher, die einen ausgeprägten Geruch aufweisen, durch Prüfungen davon zu überzeugen, ob dieser Geruch nicht die Verkäuflichkeit des Fertigproduktes nachteilig beeinflusst. Was hier durch Mangel an Zeit und Umsicht übersehen wird, macht sich später auf dem Lager des Zwischenhändlers unter Umständen unangenehm bemerkbar!

Nicht unbeachtet darf auch die Eigenschaft einiger Stoffe bleiben, nach erfolgter Vulkanisation an die Oberfläche zu diffundieren (auszublühen). Während diese Erscheinung bei lichten Gummiwaren im allgemeinen nicht stört, kann sie bei dunklen Gegenständen leicht zu Reklamationen führen. So muß man beispielsweise vor der Verwendung von Paraffin, trotz seiner hervorragenden Lichtschutzwirkung bei Verarbeitung von dunklen Mischungen warnen. Hier empfiehlt sich die Anwendung von Ozokerit. Besondere Vorteile bietet das unter dem Namen »Heliozone« bekannte Produkt, da es in monomolekularer, dem Auge unsichtbarer Schicht, ausblüht. Bei Verwendung von Ozokerit ist es durchaus nicht gleichgültig, welcher Herkunft dasselbe ist; allgemein sei gesagt, daß ein Rohozokerit geeigneter ist als ein raffiniertes (Ceresin). In diesem Zusammenhang sei auch auf die Arbeiten von Kirchhof verwiesen und dessen Feststellung, daß Rohozokerit bessere Antioxydationseigenschaften aufweist als das raffinierte und daraus schließt, daß die antioxydierend wirkenden Bestandteile in den bituminösen Beimengungen zu suchen sind.

Da die Preisgestaltung technischer Gummiwaren von wesentlicher Bedeutung ist, muß hier noch eine Feststellung von Kirch-

<sup>23</sup> Fortschr. Chem. u. Ind. d. Kautschuks, Z. angew. Chem. (1927) S. 455—462; ferner: Hainbach, O., Aus dem Gebiete des Mischungswesens, Kautschuk 2 (1926) S. 163, sowie Referat der Arbeit von Burnbridge in Gummi-Ztg. 41 (1927) S. 1460

h of erwähnt werden, nach der die Mitverwendung von Ozokerit eine Senkung des Gehalts an Alterungsschutzmittel gestattet und damit verbilligend wirkt.<sup>24</sup>

Während für viele technische Kautschukwaren die an sich schon anti-oxidierende Wirkung des Ozokerits ausreicht, erfordern manche aus technischen Gründen eine Verringerung des Ozokeritgehalts. K i r c h h o f ermittelte durch eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen, schlecht alternden Mischungen, daß man durch Anwendung von  $\frac{1}{10}\%$  Agerite zusammen mit 3% Ozokerit dieselben Effekte erzielen kann, als wenn man  $\frac{1}{2}\%$  Agerite anwenden würde.

Die Vorteile der Stearinsäure liegen wieder auf anderen Gebieten.<sup>25</sup> Abgesehen von der weichmachenden Wirkung beim Mischen unterstützt sie die Vulkanisation durch die bekannte Einwirkung auf Zinkoxyd. Die Verwendung von Stearinsäure ist aber auch von einem gänzlich anderen Gesichtspunkt aus betrachtet, von Bedeutung. Gewisse minderwertigere und insbesondere harzreiche Rohgummisorten ergeben bei der Vulkanisation Schwierigkeiten, die sich im laufenden Großbetrieb recht störend auswirken können. Durch den Zusatz der Stearinsäure wird nun der Fettsäuregehalt des Rohkautschuks künstlich erhöht und so gewissermaßen ein Ausgleich geschaffen. Der Stearinsäure kommt somit auch die Eigenschaft eines Rohgummistabilisators bzw. eines Regulators zu. Von Nachteil für die Herstellung technischer Waren, die vor der Vulkanisation geklebt werden müssen, ist das starke Ausblühen, wodurch die Schnittflächen bzw. Zusammensetzstellen eine nichtklebende Schicht erhalten. Die Ursache ist nach D i n s m o r e eine Verunreinigung mit Ölsäure.

Nach B u r n b r i d g e steigt bei kleinem Zusatz von Mineralöl die Festigkeit an, um bei Gehalten über  $\frac{1}{2}\%$  wieder zu fallen. Pine tar zeigt sich wie Kautschol und andere Teeröle, besonders in füllstoffreichen Mischungen wie z. B. Pedalgummi, Fußraster u. ä., die gespritzt werden, von guter Wirkung, da sich hier deren ausgezeichnete Benetzungsfähigkeit gut bemerkbar macht. Harzöl erweicht stark, die Festigkeit fällt aber bei Zusätzen von über 2% stark ab. Während nach B u r n b r i d g e die Alterung durch Harzölzusatz stark verschlechtert wird, bezeichnen H. A. W i n k e l m a n n und E. B. B u s e n b e r g dieselbe als gut im Vergleich mit anderen Erweichern.<sup>26</sup>

Von Pine tar, Kautschol, Teer- und Harzölen muß noch deren günstige Eignung zum Plastischmachen gemahlener Abfälle hervorgehoben wer-

<sup>24</sup> Nach Kirchhof, F., in Caout. Guttap. 26 (1929) S. 14 501 ff.

<sup>25</sup> Über die Verwendung von Stearinsäure in der Gummi-Industrie. Vorträge, Ortsgruppe New York, Fachgruppe „Kautschuk“, ref. Gummi-Ztg. 43 (1929) S. 2742

<sup>26</sup> Harz und Harzöl in Kautschukmischungen und Regenerat. I. R. W. (1931) 83 S. 63 und 84 S. 56



den, besonders bei der Alkaliregeneration. Zusätze dieser Öle erhöhen nicht allein die Plastizität solcher Regenerate, sondern erleichtern den »Aufschluß«, indem Abfälle mit Gewebeanteilen schneller und gründlicher von diesen befreit werden. Dieser Punkt ist nicht unwichtig, da die richtige Vorbereitung der Präparate und Regenerate insbesondere für technische Qualitäten und deren störungs- und reklamationfreien Fabrikation sehr wesentlich ist.

Was die Anwendung von Fichtenharz, Kolophonium, Guttapercha- und Balataharz als Weichmacher und zur Erhöhung der Klebfähigkeit von Isolier- und Klebbändern anbelangt, so ist hier eine gute Auswahl der Harze nötig, da Standardmarken auf dem Markt nicht bestehen und die Unterschiede in den einzelnen Lieferungen und Lieferantware außerordentlich große sind. Bei der Auswahl von Fichten-, Guttapercha- und Balataharz ist der größte Wert auf Sauberkeit, Helligkeit und eine möglichst niedrige Säurezahl zu legen.

In neuerer Zeit, insbesondere in Amerika, wird die Verwendung von Steinkohlenteer-Destillationsrückständen vom Typus der Cumaron- und Indenharze empfohlen. Besonders die ersteren liegen in verschiedensten Härtegraden vor, was die Auswahl der jeweils geeigneten Abart erheblich erleichtert. Der Umstand, daß das Produkt hinreichend gleichmäßig anfällt und außerdem giftfrei und oxydationsbeständig ist, erhöht seinen Wert für die Kautschukverarbeitung erheblich. Das steigende Interesse, das diesen Kunstharzen in allerletzter Zeit entgegengebracht wird, läßt hoffen, daß man auch in Europa in absehbarer Zeit die Fabrikation in größerem Stile und zu einem annehmbaren Preise aufnehmen wird. Die ersten Anzeichen hierfür sind beispielsweise in Frankreich bereits vorhanden.

In der Vorkriegszeit spielten Kolophonium und Wollfett noch eine größere Rolle, insbesondere das erstere in solchen Mischungen, zu deren Konfektionierung aus Platte oder Schnur Hauptwert auf gute Bindung der einzelnen Naht- bzw. Klebstellen gelegt wurde. Hin und wieder in solchen Fällen gefundene Kupferspuren ließen auf die Verwendung kupferner Schmelzkessel bei der Reinigung des Harzes schließen, es liegen aber auch die Ansichten verschiedener Forscher vor, die der leichten Oxydierbarkeit der Abiëtin- zu Oxy-Abiëtinsäure die Schuld an einer vorschnellen Zerstörung vulkanisierter Waren beimessen.

Ordnet man die Weichmachungsmittel nach ihrem Einfluß auf die Alterung an, so ergibt sich nach B u r n b r i d g e folgende Tabelle:

Bitumen	100	Echte Weichmachungs- mittel
Pine tar	130	
Kolophonium	139	
Kautschukharz	145	
Naphthalin	167	

Stearinsäure	169	Pseudo-Weichmachungs- mittel
Vaseline	182	
Harzöl	187	
Stearin	195	
Palmitinsäure	205	
Palmöl	213	
Leinöl	220	
Mineralöl	226	
Rüböl	236	

Die Zahlen erhielt *Burnbridge*, indem er die Weichmachungsmittel in der Reihenfolge der Festigkeitsverluste anordnete, die die Vulkanisate beim Altern erlitten. Diese wurden dividiert durch die niedrigste, multipliziert mit 100. Somit bedeuten die niedrigen Zahlen gute, die höheren dagegen eine schlechte Alterung.

### Vom Vulkanisieren technischer Mischungen

Von grundsätzlicher Bedeutung für die Herstellung technischer Waren ist die Vulkanisation. Diese ist wesentlich vielgestaltiger als bei irgendeiner anderen Vulkanisationsart, die gleichförmiger und einheitlicher ist. So sind z. B., um einige 100 000 RM Umsatz in technischen Waren zu erzielen, eine ganze Reihe von Vulkanisationskesseln und -pressen mit verschiedenen Abweichungen in den Vulkanisationsbedingungen erforderlich, während andere Abteilungen wertmäßig das Vielfache unter Anwendung nur einer einzigen, stets gleichbleibenden Vulkanisationsmethode erreichen.

So erfordert die Vulkanisation von Gasschläuchen, Profilschnüren usw. eine Freiheizung, in der Regel in direktem Dampf, selten in Heißluft oder unter anderen Bedingungen wie im Vakuum. Das Heizgut liegt hierbei frei, während technische Schläuche gewickelt dem freien Dampf ausgesetzt sind. Platten, Matten, Fußbodenbelag werden unter der Presse vulkanisiert, ein anderer großer Teil verschiedenartigster technischer Waren wieder in Formen. Die beste Mischung ist aber wertlos, wenn die zu ihrem Aufbau, Mischen und Formgebung erforderlichen Voraussetzungen alle erfüllt waren, der Vulkanisationsprozeß jedoch nicht mit der gleichen Sachlichkeit arbeitet! Es ist deshalb erforderlich, diesem Kapitel eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

### Freiheizungen

Diese erfolgen zumeist durch Einbetten in Talkum innerhalb einer Pfanne. Letztere wird sodann mit einem übergreifenden Deckel versehen und in den Kessel gebracht. Je stärker die Mischung gefüllt ist, je härter und reicher an Regeneraten und geeigneten Abfällen sie ist und je stärker die Beschleunigung, um so besser der Ausfall der Ware. Je weicher



und hochwertiger, an Rohgummi reicher, die Qualitäten sind, je langsamer die Anvulkanisierung erfolgt bzw. je länger die »Erweichungsperiode« ist, um so größer die Gefahr von Oberflächenfehlern in Gestalt kleiner Bläschen, eingefallener oder unrunder Stellen, deformierter Profile und anderer Schönheitsfehler, die jedem Praktiker hinreichend bekannt sind.

Vorausgesetzt, daß der Aufbau der Mischung, die Vulkanisationsgeschwindigkeit sowie Misch- und Formgebungsarbeit einwandfrei sind, so können dennoch Fehler und Mängel entstehen, wenn Schwankungen im Druck bzw. in der Temperatur auftreten, oder wenn der Dampf Feuchtigkeit enthält. Dabei brauchen die eigentlichen Ursachen nicht einmal in der Anlage selbst zu suchen sein, sie liegen vielmehr noch in einer zu ungleichen Beschickung der Kessel, sowohl mengenmäßig in dem zu vulkanisierenden Heizgut als auch gewichtsmäßig in der Masse an metallischen »Wärmefressern«, wie Wagen, Gestellen, Pfannen und Deckeln, deren große Oberfläche den Dampf nicht allein viele Kondensationsmöglichkeiten bietet, sondern auch den Zeitpunkt der Anvulkanisation weiter hinausschiebt. Es treten also gleich zwei Gefahrenmomente auf, indem einmal die Erweichungsperiode, also die Zeit der leichtesten Angreifbarkeit der weichen Gummioberfläche verlängert wird, andererseits durch zuviel Abkühlungsfläche der Dampf feucht wird. Innerhalb dieser Zeit entstehen dann die bereits genannten Schönheitsfehler und werden durch den Beginn der Vulkanisation endgültig festgehalten.

Mängel in der Anlage selbst sind nur durch grundsätzliche Maßnahmen auszuschalten. In diesem Zusammenhang sei auf die Arbeit von P r a e t o r i u s über den »Ausgleich von Dampfverbrauchsschwankungen in Gummifabriken« hingewiesen.<sup>27</sup>

Ebensowenig gestattet ein wirtschaftliches Arbeiten nur eine halbe Beschickung der Kessel, während eine Verringerung der Maße von Wagen und Gestellen schon eher möglich und durchführbar ist. Im allgemeinen wird die Vermeidung von Fehlheizungen aber möglich sein, indem man den Gehalt der Mischung an Weichmachern bis auf das zum Spritzen erforderliche Minimum verringert, oder indem man durch eine stärkere Beschleunigung die Erweichungsperiode verkürzt oder beides durchführt, wobei die Anforderungen an ein störungsfreies Arbeiten an der Spritzmaschine die einzuhaltenden Grenzen vorschreiben.

Es ist zweckmäßig, Kessel mit einer besonderen Mantelheizung zu verwenden und den Dampfdruck im Mantel etwa  $\frac{1}{2}$  bis 1 Atm. höher zu halten als den eigentlichen Vulkanisationsdruck im Kessellinnern. Treten dennoch die alten Mängel auf, so kann nur die schon genannte zu große Masse an metallischen »Wärmeschluckern« die wesentlichste Ursache sein. Es ist daher dafür Vorsorge zu treffen, daß übermäßige Kondensation des Dampfes nach Tunlichkeit vermieden wird.

Es wird oftmals angenommen, daß feuchtes Einbettungsmaterial, wie Talkum, Kreide u. dgl., die Ursache der Verunstaltung weicher Gas-

<sup>27</sup> Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 385 und 413—415

schlauch- oder Profilschnuroberflächen ist. Bei Versuchen mit absolut trockenem und absichtlich feuchtgehaltenem Talkum ergaben sich wiederholt derart widersprechende Resultate, daß diese Ansicht fallengelassen werden mußte. Auch zeigte sich kein nennenswerter Unterschied, ob man als Einbettungsmaterial Talkum, Kreide, Magnesia, Kaolin u. a. verwendet, ob man den Deckel mehr oder weniger dicht abschließend auf die Pfanne legte oder ob man das Heizgut gänzlich oder nur zum Teil mit dem Einbettungsmittel umgab bzw. bedeckte.

Die Versuche führten immer wieder zu der Schlußfolgerung, daß die wahre Ursache von Fehlheizungen der genannten Art weniger hierin liegen könne, als in den unzureichenden plastischen Eigenschaften der Mischungen, zu langes Vormastizieren des Gummis, nicht genügend lange Lagerzeit der fertiggestellten Mischung, einer zu langen Erweichungsperiode bzw. einer zu schwachen Beschleunigung und schließlich in den Abkühlungsmomenten beim Einfahren zu großer Metallmassen in den Kessel.

Hier können hochwertige Schlauchmischungen überhaupt als Musterbeispiel dafür gelten, wie eng im Raume sich oftmals die Begriffe stoßen! Die Mischung soll weich sein, um sich gut und glatt spritzen zu lassen. Sie soll aber auch steif genug sein, um beim Liegen in der Pfanne nicht zusammenzufallen. Die Mischung soll ferner ohne Anvulkanisation die Temperatur von Spritzmaschine und Spritzkopf aushalten, andererseits im Kessel aber schnell genug anvulkanisieren, um die Entstehung von Oberflächenmängeln während der Erweichungszeit auszuschalten.

Es gilt also, gegensätzliche Anforderungen auf einer mittleren Linie zu vereinen, und die Vermittler zur Erreichung dieses Zieles sind zwar keine Unbekannten, wohl aber recht schwer faßbare Größen, denn sie enthalten eine ganze Menge von Komponenten, die im täglichen Arbeitstempo mitlaufend erkannt und korrigiert werden sollen und nicht allein in den Plastizitätsschwankungen des Rohgummis sowie der Misch-, Vorwärm- und Kalander- bzw. Spritzarbeit liegen, sondern ebenso im Mischungsaufbau wie in den Vulkanisationsverhältnissen, Raumtemperatur und Lagerzeit zu suchen sind.

Was die Möglichkeit anbelangt, weiche Qualitäten zu versteifen, so sei auf die entsprechenden Bemerkungen im Abschnitt »Mischungswesen« verwiesen.

Je mehr und eindeutiger aber die vielen Fehlermöglichkeiten erkannt werden, um so leichter und schneller gelingt es, dieselben abzustellen. Da die örtlichen Verhältnisse in jeder Fabrik andere sind, ist es schwer, allgemeine Richtlinien zu geben, diese ergeben sich allein aus der Erkenntnis aller gegebenen Umstände und einer langen Erfahrung.

Eine fortschrittliche Entwicklung erfordert heute gebieterisch, sich aller Vorteile zu bedienen. So ist es selbstverständlich, zur Bestimmung der Vulkanisationstemperatur sich nicht auf die Anzeige des Manometers zu verlassen, sondern diese vom Thermometer abzulesen. Wie in ameri-



kanischen, so sollten auch in den deutschen Gummiwarenfabriken automatische Temperaturregler Eingang finden, denn der Kostenaufwand wird in kurzer Zeit durch die größere Gleichmäßigkeit der Ware, insbesondere aber durch die Verminderung von Fehl- und Ausschußware, bald ausgeglichen sein und würde mit einem Baustein zu einer rentablen Fabrikation bilden. Im Interesse einer längeren Lebensdauer der Gummiwaren ist es zweckmäßig und auch ohne Schwierigkeiten durchführbar, grundsätzlich eine Vulkanisationstemperatur, die 3 Atm. Dampfdruck entspricht, nicht zu überschreiten.

Wie Freiheizungen im direkten Dampf, so spielen auch Freiheizungen in Heißluft heute eine sehr wesentliche Rolle. Da diese Vulkanisationsmethode hauptsächlich in der Herstellung von Gummischuhen üblich ist, so sei auf den betreffenden Abschnitt des Handbuches hinverwiesen.

An Stelle des Einbettens gespritzter Schläuche usw. in Talkum werden manche Artikel, wie z. B. Flaschenscheiben, im Wasserbade geheizt, da diese Methode ein sichereres und gleichmäßigeres Ansteigen und Halten der Temperatur gestattet. Einzelheiten hierzu sind in dem später folgenden Kapitel über die Fabrikation von Flaschenscheiben und Dichtungsringen für Konservengläser zu entnehmen.

### Die Vulkanisation in Formen

Vor einer Besprechung der Formen und des Formenmaterials sind zunächst alle Anforderungen zu erfüllen, die an ein gutes Verlaufen der Mischungen gestellt werden müssen. Mehrteilige, kompliziertere Formen oder solche mit feinen Gravuren, Schriftzeichen, Schutzmarken usw. erfordern eine leichte und schnelle Fließbarkeit der Mischungen innerhalb der Erweichungszeit.

Im Gegensatz zu frei geheizten weichen Schläuchen usw. ist hier eine längere Erweichungsperiode zweckmäßig bei allerdings kurzer Vulkanisationsdauer, die ja auch bei Freiheizungen erwünscht ist.

Die meisten Mischungen für Formartikel sind unter Verwendung von gemahlener oder präparierten Abfällen oder Regeneraten hergestellt, die an sich schon den gestellten Anforderungen förderlich sind.

Um ein gutes Verlaufen von Mischungen zu erzielen, deren Gehalt an Altgummi oder Regenerat beträchtlich ist, empfiehlt es sich solche Arten von Beschleunigern anzuwenden, die bei Beginn der Heizung den Fluß der Mischung ungestört zulassen, dann aber bei Erreichung ihrer eigentlichen Heiztemperatur, eine rasche Ausvulkanisation gestatten. (Als Typus derartiger Beschleuniger seien die unter dem Namen »Ureka« bekannten erwähnt.) Ebenso wichtig wie die Wahl geeigneter Beschleuniger ist auch die Auswahl der geeignetsten Weichmacher bzw. Fließmittel, insbesondere bei härteren Vulkanisaten.

Mit dem Anwachsen der Formendimensionen wächst die Schwierigkeit des Ermessens der richtigen Steigungs- und eigentlichen Vulkanisations-

dauer. Die Wärmewanderung erfolgt bekanntlich im Kautschuk recht langsam. Während also die den Heizplatten anliegenden Teile bereits stark erwärmt sind, befindet sich an den von den Wärmeüberträgern am weitesten entfernten Stellen die niedrigste Temperatur. Die Vulkanisationsdauer beschleunigter Mischungen ist aber in ihrer Kürze durch die langsame Wärmewanderung in der Mischung begrenzt. Die meisten Vulkanisate zeigen deshalb an ihrer Oberfläche eine Übervulkanisation, während das Innere noch unterheizt ist, sodaß das maximale Festigkeitsprodukt nur an einer engbegrenzten Zone zu finden ist.

Solange sich die Fabrikation auf Waren von mäßigen Formendimensionen, wie solche für Absätze, Sohlen, Fahrradgriffe u. dgl., beschränkt und die Heizplatten der Presse groß genug sind, um Schwankungen im Vulkanisationszustand des Heizgutes durch Wärmestrahlungsverluste praktisch auszuschließen, spielt die Frage der Wärmewanderung und des Wärmeverlustes noch eine untergeordnete Rolle. Dies ändert sich aber stark mit zunehmender Größe des Formmaterials. Der größte Fehler besteht dann darin, daß man etwa glaubt, die im Laboratorium an der üblichen Heizklappe ermittelte Vulkanisationszeit der Betriebsheizung gleichsetzen zu können. Man könnte den ungünstigen Einfluß des Temperaturabfalls ausgleichen, indem man derartig dicke Gummiwaren aus einzelnen Lagen von verschiedener Vulkanisationsgeschwindigkeit aufbaut, was sich jedoch bei technischen Artikeln nur in den seltensten Fällen lohnen würde. In solchen Fällen empfiehlt es sich vielmehr, derart große Einzelformen in einem Kessel entweder in direktem Dampf oder gegebenenfalls in Heißluft zu vulkanisieren.

Unter der Voraussetzung, daß der Aufbau der Mischung und die Vulkanisationszeit einwandfrei sind, muß man bei der Herstellung technischer Formartikel noch folgende Möglichkeiten berücksichtigen: Die Ausdehnungsgeschwindigkeit von Kautschuk beim Erhitzen ist erheblich größer als die der Metallform. Der Überschuß entweicht also nach außen entweder an den Berührungsstellen der Form oder den dafür vorgesehenen Öffnungen. C. R. Quartley<sup>28</sup> zeigt das Verhältnis des linearen Ausdehnungskoeffizienten einer 50proz. Gummimischung gegenüber dem von Metallen an einer 60 Fuß langen Schiene, einmal aus Stahl und einmal aus Kautschuk, die beide auf 100° C erhitzt werden. Die Stahlschiene dehnt sich dabei um etwa  $\frac{7}{8}$  Zoll und die Kautschukschiene um nicht weniger als  $8\frac{3}{4}$  Zoll aus. Infolge dieser außerordentlichen Ausdehnungskraft des Gummis müssen deshalb die Vulkanisierformen aus bestem Material hergestellt werden, um dem hohen Druck widerstehen zu können. Die mit zunehmender Vulkanisation eintretende Erhöhung des spezifischen Gewichts über die mittlere Dichte der einzelnen Mischungsbestandteile hinaus ruft das sogenannte Schrumpfen hervor. Aus diesem Grunde muß ein Überschuß an Mischung in die Form gegeben werden, damit der fertige Artikel das richtige Maß erhält. Dieses Ausmaß der

<sup>28</sup> Schwierigkeiten bei der Fabrikation von Formartikeln, Trans. I. R. I. 6 (1931) S. 453



Schrumpfung ist für jede Mischung verschieden und muß deshalb stets von neuem berücksichtigt werden.

Quartley führt nun die folgenden sechs Fehlerquellen an, die bei der Herstellung von Formartikeln beachtet werden müssen:

1. Mangelhafte Ausbildung der Konturen! Ursache: Es wurde nicht genügend Mischung in die Form gegeben.
2. Zu starke Füllung der Form. Die Form springt auf. (Ebene Flächen sind nach der Heizung bzw. nach dem Abkühlen mehr oder weniger stark gewölbt.)
3. Ungenügendes Verlaufen bzw. schlechtes Ausformen der Gegenstände gibt Partieware! Die Ursache kann sowohl in einer zu geringen als auch zu starken Füllung der Form liegen und tritt hauptsächlich bei Artikeln von ungleichmäßigem Querschnitt auf, insbesondere wenn diese noch Metall- oder Gewebelinlagen enthalten. Behebung des Fehlers durch sorgfältigsten Aufbau des unvulkanisierten Körpers oder durch kaltes Vorpressen und — dies nicht zum wenigsten — durch Erhöhung der Fließbarkeit der Mischung.
4. Lufteinschlüsse, oft an ganz unerwarteten Stellen und ohne erkennliche Ursachen dafür. Der Grund liegt im allgemeinen in einer schlechten Konstruktion der Formen, in ungeeigneten Einstreichmitteln sowie an der schlechten Beschaffenheit, Unsauberkeit, Roststellen usw. des Formenmaterials. Behebung durch geeignete Luftlöcher in der Form.
5. Druckstellen auf der Oberfläche, besonders in Formen mit planparallelen Flächen, stärker noch bei hochglanzpolierten Formoberflächen, die eine gewisse Saugwirkung auf die Mischungen ausüben. Behebung durch gute Auswahl der geeignetsten Formeinstreichmittel, zweckmäßig angebrachte Luftlöcher, am besten — wenn dies möglich ist — durch Eingravieren eines Rillen-, Moiré- oder anderen Musters, die angesaugte Luft gut fortleiten. Ferner lassen sich Fehler auf der Oberfläche auch durch einen vorausgehenden Schrumpungsprozeß verringern, indem man das Material kurze Zeit auf etwa 100° C erwärmt und dadurch vorhandene Spannungen beseitigt, wie letztere beim Kalandern oder Spritzen leicht auftreten. Abnutzungsfestigkeit und Reißfestigkeit werden in bestimmten Richtungen bekanntlich stark beeinflusst durch den Kalandereffekt, was sich auch in Formartikeln recht unangenehm bemerkbar machen kann.
6. Porosität an der Oberfläche oder im Innern. Oberflächenporosität zeigt sich leicht bei Artikeln, die in direktem Dampf geheizt werden und nicht genügend gegen auftropfendes Kondenswasser geschützt sind. Öffnet sich die Form während der Vulkanisation aus irgendeinem Grunde oder enthält dieselbe zuviel Luftlöcher, so daß der Vulkanisationsdruck nicht ausreicht, so tritt leicht Porosität im

Innern auf, ebenso wenn die Form nicht genügend gefüllt ist. Formlinge aus gespritztem Material neigen ferner viel leichter zur Porosität als solche aus kalanderter Platte. Wichtig zur Vermeidung von Porosität sind: Vermeidung von stark mastiziertem Gummi, zu stark gewalzter Mischungen, ferner ein gutes Ausfüllen der Formen und starker mechanischer Druck der Presse.

### Das Formenmaterial

spielt ferner eine wichtige Rolle. Für die meisten Formartikel verwende man Eisen- oder Stahlformen, die infolge ihrer größeren Härte und Widerstandsfähigkeit den Gummiwaren schärfere Konturen verleihen als solche, deren Unterplatte bzw. »Formkasten« mit einer Weichmetalllegierung ausgegossen wird, wie z. B. bei der Fabrikation von Absätzen und anderen fortlaufend herzustellenden Massenartikeln. Dieses Ausgießen mit Weichmetall erfordert eine gute Übung, um stets glatte, porenfreie Formen zu erhalten. Man sucht die Ursache von Mängeln oft in der Legierung, trotzdem dieselbe in den meisten Fabriken weitgehend übereinstimmt. (Bezüglich geeigneter Legierungen siehe auch den Abschnitt »Gummispielzeuge«.)

Die Erfahrung zeigt, daß die Einhaltung einer bestimmten Schmelztemperatur von größerer Bedeutung ist, als kleine Unterschiede in der Legierung, und zwar ist diejenige Temperatur als die günstigste anzusprechen, bei der der Schmelzfluß am leichtflüssigsten ist. Bei häufigen Anfertigungen von Abgüssen ist es vorteilhafter, sich des Spritz- bzw. Preßgußverfahrens zu bedienen, das fehlerfreie, scharfkantige Formen bei billigeren Herstellungskosten liefert.

Bei der Herstellung von Weichmetallformen im Betriebe selbst ist zu beachten, daß

1. die Größe der Formenrahmen der Größe der Preßplatten angepaßt ist; sind erstere etwas zu groß, tritt ein Verlust an Strahlungswärme auf, was eine geringere Ausheizung der Randpartien des Heizgutes zur Folge hat,
2. Vertiefungen nach oben zu konisch verlaufen, um das geheizte Material leichter herausnehmen zu können,
3. alle Formen die gleiche Höhe aufweisen, um Druckunterschiede zu vermeiden.

Über die Formheizung von Hohlkörpern ist an anderer Stelle des Handbuchs noch die Rede. (Siehe die Abschnitte: Spielwaren bzw. Hohlformen durch Preßvulkanisation u. a.)

### Das Vulkanisieren in Pressen

Was zunächst den Mischungstechnischen Teil anbelangt, so darf hier ebensowenig wie bei Formheizungen die Vulkanisation zu früh einsetzen,



wenn man Fehler oder gar Ausschubß infolge mangelhaften Verlaufens vermeiden will. Naturgemäß schadet eine starke Beschleunigung um so weniger, je weicher die Mischung ist. Eine stärkere Beschleunigung ist bei weicheren Qualitäten sogar direkt angebracht, um ein zu starkes Festhaften nach beendeter Vulkanisation zu vermeiden. Einmal leidet dadurch die Glätte der Oberfläche, zum anderen ist die Gefahr des Einreißen sehr groß. Dünnere Platten mit glatter Oberfläche weisen oftmals starke Saugstellen auf, weil kein genügender Druckausgleich während der der Vulkanisation vorausgehenden Erweichungsperiode vorhanden war. Man vermeidet hier Fehler am besten, indem man durch gleichzeitiges Heizen mehrerer dünner Gummipplatten (etwa 4 bis 6, durch geeignete Stahlbleche getrennt) eine Polsterwirkung hervorruft. Diese läßt sich noch steigern und ist bei stark benutzten, älteren Pressen oft erforderlich, indem man zwischen zwei Blechen noch eine Gewebelage, z. B. aus Riemenstoff, bringt.

Das Vulkanisieren langer Matten und Platten mit und ohne Gewebeeinlagen auf der Trommel bzw. dem »Tambour« erfordert erfahrungsgemäß eine weit stärkere Beschleunigung als bei Form- oder Presseheizung. Die Fließ- oder Erweichungsperiode muß möglichst kurz sein, damit das fertige Vulkanisat gut vom Wickeltuch abzuziehen ist. Ist die Erweichungszeit infolge zu geringer Beschleunigung zu lang bemessen, so sind die bekannten Blasen, Wickelfalten, Porosität und andere Mängel an den Überschlagstellen die Ursache solcher Fehler, sofern man die Platte überhaupt vom Stoff bekommt.

Als Richtschnur für das Heizen von Trommelplatten kann gelten: Je weicher die Qualität, um so stärker muß die Beschleunigung sein! Für härtere und stärker gefüllte reichen Kombinationen der üblichen normalen Beschleuniger aus. Besonders weiche Qualitäten erfordern unter Umständen die Anwendung von Ultrabeschleunigern. Werden derart weiche Qualitäten mit glatten Oberflächen verlangt, so empfiehlt sich oftmals eine Vorheizung auf der Trommel und daran anschließend die Fertigvulkanisation zwischen glatten Blechen unter der Presse. Wenn keine 10-Meter-Pressen zur Verfügung stehen oder noch längere Matten in Frage kommen, so ist auch hier oftmals die Vorheizung auf der Trommel der beste Weg, um Fehler an den Ansatzstellen zu vermeiden.

Bei härteren glatten Matten und Platten spielt die Fließbarkeit während der Erweichungsperiode eine ausschlaggebende Rolle für die Erlangung einwandfreier Oberflächen. Je schwerer die Fließbarkeit, um so schwieriger ist es ferner, an allen Stellen die gleiche Härte zu erlangen. Je nach der Beschaffenheit der Füllmaterialien und Farbstoffe machen sich an den Stellen größerer Härteunterschiede oftmals Abweichungen in der Färbung unangenehm bemerkbar. Während letzteres als störend empfunden wird, haben die an sich nur kleinen Härteunterschiede praktisch keine Bedeutung bei Matten, Platten, Fußbodenbelag, wohl aber bei harten Gummibezügen für Papier- und andere Walzen, wo sie von wesentlichem Einfluß auf die Haltbarkeit und dem Festhaften auf dem Eisenkern der Walzen sind.

Über die Fehler und Mängel der Vulkanisierpressen selbst läßt sich aus der praktischen Erfahrung heraus manches sagen. Prüft man die unter gewöhnlichen Pressen geheizten Platten genauer, so kann man besonders bei dickeren Qualitäten, die nicht ausschweifeln sollen, beobachten, daß die eine Seite schneller zum Schwefelausschlag neigt als die andere. In besonders krassen Fällen zeigt die eine Seite starken, die andere überhaupt keinen Ausschlag. Und zwar ist es immer die nach oben liegende Fläche, die die schwächere Vulkanisation erfährt. Denn im Innern der oberen Druckplatte der Presse kondensiert sich etwas Dampf, so daß eine mehr oder weniger hohe Schicht von Kondenswasser die wärmeleitende Metallschicht gegen den darüberbefindlichen Dampf abschließt. Die obere Heizplatte der Presse weist somit gegenüber der unteren Temperaturunterschiede auf, die sich dann mehr oder weniger unangenehm auf die Gummiplatte auswirken.

Eine recht eingehende und übersichtliche Arbeit über Vulkanisierpressen von Werner<sup>29</sup> behandelt alle diese Fragen. Der Verfasser ist der Meinung, daß sich das Kondensat auch aus den besten Pressen nur schwer entfernen läßt. Die dann weiter besprochenen neuen Konstruktionen, wie das »System Caliqua«<sup>30</sup> und die mit dem Schiff & Sternschen Apparat arbeitenden Pressen, sind in der Praxis unbequem, weil Voraussetzung ist, daß sämtliche Pressen stets mit der gleichen Temperatur zu arbeiten haben. Eine bessere Lösung erblickt Werner in einer anderen Konstruktion (Dampfkreislaufanlage D. R. P. Vereinigtes Ing.-Büro Papisch, Reiß & Christ G. m. b. H., Frankfurt a. M.), die er in seiner Arbeit eingehend beschreibt. Die idealste Lösung dürfte in der Anwendung elektrisch beheizter Pressen beruhen. Leider ist der Stromverbrauch hier noch derart hoch, daß nur Ausnahmefälle bzw. außergewöhnlich billige Energie dies zulassen.

### Die eigentliche Herstellung technischer Gummiwaren

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Richtlinien für Herstellung und Vulkanisation technischer Mischungen gegeben. Im folgenden wird nun die eigentliche Fabrikation, praktische Erfahrungen sowie die Ursachen häufiger wiederkehrender Reklamationen geschildert. Die Reihenfolge der Warengruppen entspricht der Reihenfolge der Vulkanisationsarten: Freiheizung, Vulkanisation in Formen und in der Presse. Die Beschreibung einer Reihe von Spezialfabrikationen, die gemeinhin noch unter den Begriff der technischen Gummiwaren fallen, wurde durch Hinweise auf Literaturstellen ergänzt, in denen Fachgenossen und Spezialisten auf den einzelnen Gebieten dem mehr interessierten Leser weitergehende Einzelheiten vermitteln. Zur besseren Übersicht wird folgende Einteilung vorgestellt:

<sup>29</sup> Werner, Peter, Vulkanisierpressen, Gummi-Ztg. 44 (1930) S. 1155, 1257, 1310  
<sup>30</sup> Wärmewirtschaftsverfahren usw., von Brandt, Hans, Kautschuk 4 (1928) S. 149, und 5 (1929) S. 84



Die Fabrikation von Gasschläuchen, Schnüren, Ventil- und Heißwasserschläuchen, Profilgummi und Schlauchringen.

Die Fabrikation von Flaschenscheiben und Konservenringen.

Die Herstellung gewickelter Schläuche: Wasser-, Preßluft-, Vakuum-, Autogen- und Luftpumpenschläuche.

Die Fabrikation von Walzen.

Qualitäten für Spezialzwecke: Säure-, Alkali-, organische Lösungsmittel und Öle, Dampfschläuche, Mischungen für trockene Hitze.

Die Herstellung technischer Formartikel: Formenmaterial, Einstreichmittel, Vorbereitung der rohen Preßlinge, Stopfen und Pfropfen, Schnurringe, Kupplungsringe, Membrane, Zahlsteller, die Kugelfabrikation.

Die Herstellung von Matten, Platten und Fußbodenbelag. Dichtungsplatten für Fußböden.

### Die Fabrikation von Gasschläuchen, Schnüren und Profilgummi

Über die Besonderheiten der für das Spritzen in Frage kommenden Maschinen gibt das Kapitel »Kautschukmaschinen« die entsprechende Auskunft, während in den vorausgegangenen Abschnitten über die Herstellung der Mischungen und deren Vulkanisation (siehe unter »Freiheizungen«!) alles das gesagt worden ist, was als Voraussetzung für ein störungsfreies Spritzen und fehlerfreies Heizen erforderlich ist.

Man soll für Gasschläuche grundsätzlich spezifisch schwerere Mischungen verwenden, weil leichtere viel eher Gas durchlassen. Der niedrige Rohgummipreis der gegenwärtigen Zeit förderte das Bestreben, recht hochwertige Gasschläuche anzubieten. Während billigere, stärker gefüllte und somit spezifisch schwerere Qualitäten naturgemäß schneller hart und brüchig werden als leichte, weisen letztere den größeren Nachteil der Gasdurchlässigkeit auf. Am ungeeignetsten sind transparente Gasschläuche. Man kann hier den Richtsatz aufstellen: Gasschläuche von geringerer Durchlässigkeit und geringerer Lebensdauer sind zweckmäßiger als solche von stärkerer Durchlässigkeit und längerer Lebensdauer, erstere werden jedenfalls die letzteren überdauern! Gänzlich läßt sich die Diffusion von Leuchtgas nicht vermeiden. Völlig widersprechende Erfahrungen mit Gasschläuchen aus der gleichen Qualität, aber nach verschiedenen Gegenden hin geliefert, haben gezeigt, daß auch der Gehalt des Leuchtgases an mehr oder weniger im Kautschuk leicht löslichen Verunreinigungen, vielleicht benzolischen oder naphthalinartigen Ursprungs, mit eine Ursache eines besonders schnellen Diffundierens bzw. einer Geruchsabgabe sein kann.

Beim Spritzen ganz besonders wichtig ist die gleichmäßige Materialzufuhr, das sogenannte »Stopfen«, um Schwankungen in der Wandstärke sowie das Auftreten dünner Stellen zu vermeiden, die leicht das Flachwerden in der Pfanne hervorrufen können. Weitere wichtige Etappen zur

Erlangung einwandfreier Ware sind die sachgemäße Temperaturregelung des Spritzkopfes, das Arbeiten mit einer wassergekühlten Schnecke und eine gut funktionierende Innenpuderung! Nach dem Verlassen des Mundstückes quillt der unvulkanisierte Schlauch oder Schnur usw. Der Grad der Quellung hängt von der Zusammensetzung und dem Rohgummigehalt der Mischung ab, von der Temperatur des Spritzkopfes und auch vom Druck der Transportschnecke. Ist der Durchmesser der Schnecke zu klein bemessen, so erfährt das Material eine zu starke Durcharbeitung und erhält zu viele Luftpneinschlüsse. Da sich die eingeschlossene Luft während der Vulkanisation ausdehnt, sind poröse Schlauchwandungen bzw. poröse Schnuroberflächen die Folge. Auch die Größe der Spritzmaschine spielt eine sehr bedeutsame Rolle. So lassen sich Schnüre von nur einigen Millimetern Durchmesser oder Fahrrad-Ventilschläuche nur von einer kleindimensionierten Maschine spritzen, während starke, materialschwere Abmessungen auch entsprechend große Maschinen erfordern.<sup>31</sup> Zum Vulkanisieren werden sie dann in einer Lage leicht in trockenem Talkum gebettet und die Pfanne mit einem übergreifenden Deckel verschlossen.

Zeigt die Oberfläche roter Gasschläuche dunkle bzw. schwarze Flecke, so ist mangelnde Sorgfalt oder zu große Primitivität der Vulkanisationsverhältnisse die Ursache, indem Kondenswasser auf die Schläuche gelangte, das mit Eisensalzen, aus der Kesselwandung herrührend, beladen war. Abgesehen vom Unansehnlichwerden besteht dann noch die Gefahr des Leimigwerdens an den betroffenen Stellen, da Eisensalze bekanntlich gleich Kupfer und Mangan sehr empfindliche Katalysatoren für die Einwirkung von Sauerstoff sein können. Ist eine Abstellung solcher Mängel nicht möglich, so müssen derartige Kessel mindestens mit einem geeigneten Schutzanstrich versehen werden.

### Heißwasserschläuche für Badeöfen

verlangen Mischungen mit möglichst geringer Neigung zur Wasserabsorption. Soweit dies mischungsschemisch erreichbar ist, liegt hier eine Untersuchung von Winkelmann und Croakman<sup>32</sup> vor, der zufolge die Wasserabsorption einer Mischung stark vom Vulkanisationsgrad abhängt. Der Gehalt an Füllstoffen hat keinen Einfluß: Bestimmte Füllstoffe wie Baryt, Kaolin, Kreide und Zinkoxyd erhöhten die Wasserabsorption, während Gasruß kaum, thermatomischer Ruß dieselbe dagegen merklich verringerte. Eine weitere wissenschaftliche Studie zur Wasserabsorption des Kautschuks liegt von Lowry und Kohman vor.<sup>33</sup> Diese Forscher fanden größere Unterschiede in der Wasseraufnahme zwischen gewaschenem und ungewaschenem Kautschuk bei niedrigen Schwefelgehalten, während diese Unterschiede mit zunehmendem Vulkanisationskoef-

<sup>31</sup> Siehe hierzu den Aufsatz: Mehrspritzige Schlauchmaschinen und ihre Mechanisierung, Gummi-Ztg. 46 (Februar) S. 736

<sup>32</sup> Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 1367, ref. Gummi-Ztg. 45 (1931) S. 953

<sup>33</sup> Journ. phys. Chem. 41 (1927) S. 23—57, ref. Gummi-Ztg. 41 (1927) S. 2811



fizienten wieder verschwanden. Sie stellten ferner fest, daß durch Waschen des Kautschuks die wasserlöslichen Bestandteile abnahmen und damit auch die Wasserabsorption. Ferner nimmt die von Kautschukmischungen aufnehmbare Wassermenge mit dem Altern zu.

### Die Herstellung von Schlauchringen

kann entweder aus dünngezogener Platte durch vorsichtiges Aufrollen (gegebenenfalls zusammen mit einer friktionierten Gewebelage) bis zum gewünschten Durchmesser erfolgen oder durch Aufziehen des gespritzten Schlauches auf einen Metallorn vom erforderlichen Durchmesser. Durch Einbetten in Talkum erzielt man dann entweder eine glatte Oberfläche oder eine rauhe, z. B. mit mehr oder weniger feiner Stoffmusterung, indem man den ganzen, auf dem Orn befindlichen Schlauch mit nassen Streifen eines Baumwollgewebes mit der entsprechenden Musterung fest umwickelt, wobei jedoch zu beachten ist, daß die Enden durch zu starken Wickeldruck nicht etwa deformiert werden. Von den fertigen Schläuchen lassen sich dann wiederum Ringe oder Scheiben mit Loch abstechen, während lochfrei gewickelte Schnüre das Ausgangsmaterial für Stopfen, Scheiben oder Puffer ergeben. Diese Art der Fabrikation gestattet die Anfertigung jeder selten vorkommenden Größe sowie die Konfektion mit Gewebeeinlagen, die ja auf der Spritzmaschine nicht möglich wäre.

Im Prinzip ebenso hergestellt wie Gasschläuche und Schnüre werden Dichtungen für die verschiedensten Zwecke und in den verschiedensten Profilen. Es sind dies u. a. Fensterdichtungen zum Abdichten der Fensterscheiben im Karosseriebau der Automobilindustrie und Straßenwagenbau. Ebenso nimmt die Herstellung gespritzter und frei geheizter Lippendichtungen einen nennenswerten Raum ein, nur daß hier, insbesondere wo es sich um Lippendichtungen für die Verschußdeckel von Kesseln handelt, die mit Heißluft von 130 bis 150° C beschickt werden, um Mischungen handelt, die den besonders hohen Anforderungen so weit als möglich angepaßt sind und im Kapitel »Qualitäten für Spezialzwecke« noch behandelt werden.

Das Spritzen von Strängen für Brems- und Pedalgummi für Fahr- und Motorräder nimmt ferner einen weiten Raum im Arbeitsprogramm einer Spritzmaschinenabteilung ein. Die reibungslosere Fabrikation dieser Artikel hängt mit dem stärkeren Füllungsgrade zusammen, auf die Bedeutung desselben wurde bereits weiter oben hingewiesen. Auch hier werden die fertigen Stränge in Talkum eingebettet und frei geheizt, um später auf die entsprechende Länge zugeschnitten zu werden, wie z. B. Bremsgummi, oder die noch unvulkanisierten Stränge werden vorgeschnitten, in Formen eingelegt und unter einer Presse vulkanisiert, wie z. B. Pedalgummis in den verschiedenen Ausführungen. Auch die Luftschläuche für Fahrrad- und Motorräder, Ventilschläuche und vielerlei Waren mit den oft abweichendsten Querschnitten, Billardbanden u. a. werden auf der Schlauchspritzmaschine vorgeformt.

Die Fabrikation mit Hilfe der Spritzmaschine hat im Vergleich mit der Herstellung von Formartikeln den Vorteil einer schnelleren Formgebung, man kann ferner größere Mengen bewältigen und dadurch auch billiger arbeiten. Es hängt von der Beschaffenheit der Mischung und der zu erzielenden Ware selbst ab, welche Arbeitsweise man wählen will. Wo es aber irgend angeht, wird der Fabrikant wegen der aufgezählten Vorteile stets das Arbeiten auf der Spritzmaschine bevorzugen.

### Die Fabrikation von Flaschenscheiben und Konservenringen

Beide Artikel stellen an den Kautschukchemiker sowohl in hygienischer als auch in chemischer und arbeitstechnischer Beziehung gleich große Anforderungen. Letztere sind höher als bei den üblichen technischen Artikeln und erfordern deshalb ein besonderes Eingehen auf die Schwierigkeiten. Diese Schwierigkeiten beziehen sich in der Hauptsache darauf, eine Ware herzustellen, welche Bier-, Selters- und Sodawasser, Milch, Fruchtsäfte u. dgl. weder geruchlich noch geschmacklich im geringsten beeinflussen, die Schaumhaltigkeit des Bieres nicht verringern, auch bei tief rotgefärbten Scheiben keinerlei Farbstoff an die Getränke abgeben darf und die außerdem gut pasteurisierbar und sterilisierbar sein müssen. Zusätze wie Faktis, Regenerat oder Öle, die sonst die Arbeit des Spritzens stark erleichtern, sind teils verboten, teils stark begrenzt auf Grund von Vorschriften, die vom Institut für Gärungsgewerbe bereits vor mehr als 20 Jahren aufgestellt wurden und heute noch volle Gültigkeit besitzen. Dieselben sollen verhüten, daß der Brauer oder Mineralwasserfabrikant Flaschenscheiben erhält, die seine Ware verderben und andererseits die Gummiwarenfabriken an bestimmte Richtlinien binden, die solche Möglichkeiten im allgemeinen Interesse von vornherein ausschließen.

Über die Zusammensetzung und Herstellung von Flaschenscheibenmischungen sowie deren Spritzen und Vulkanisation, sowohl unter Wasser als auch in Formen und schließlich das Schneiden, Waschen, Trocknen, Sortieren und Kontrollieren der fertigen Ware hat T a l a l a y in der Gummi-Zeitung erschöpfend berichtet.<sup>34</sup>

T a l a l a y gibt als Hauptschwierigkeit bei der Zusammenstellung von Flaschenscheibenmischungen die richtige Wahl der Beschleuniger und der Farbstoffe an. Er kennzeichnet damit gleich die Größe des Problems, denn ungeeignete Beschleuniger können geruchliche und geschmackliche Komplikationen herbeiführen. Die Wahl der geeignetsten Farbstoffe ist eng begrenzt, diejenigen aber, die sich in der letzten Zeit immer mehr als besonders geeignet hervorheben, lassen sich an den Fingern abzählen.

Selbstverständlich spielt bei derart empfindlichen Qualitäten die Beschaffenheit des Rohgummis eine besonders große Rolle, so daß die sonst hochwertigen Smoked Sheets und Para wegen ihres Rauchgeruches eben-

<sup>34</sup> Die Fabrikation von Flaschenscheiben, Gummi-Ztg. 47 (1932) S. 255



so ausscheiden müssen wie dicke First Latexcrêpe wegen der größeren Gefahr eines Gehaltes an kleinen Sandkörnchen im Vergleich zu dünner First Latexcrêpe. Letztere stellt also die geeignetste Sorte dar.

Für die Herstellung der Mischungen gilt im allgemeinen das im Kapitel über das Mischen technischer Qualitäten Gesagte. Im Hinblick auf die spätere Spritzarbeit hat das Vormastizieren des Rohgummi mit größter Sorgfältigkeit zu geschehen, um Erschwerungen durch ungleiches Quellen beim Spritzen, Entwicklung größerer Reibungswärme wegen nicht ausreichenden Vorwalzens usw. so weit als irgend möglich auszuschalten.

Das Spritzen selbst geschieht auf der Spritzmaschine, wie dies bereits bei der Fabrikation von Gasschläuchen erwähnt worden ist. Während man jedoch letztere in Talkum bettet, legt man die aus der Spritzmaschine austretenden Flaschenscheibenschläuche, in Längen von etwa  $1\frac{1}{2}$  m eingeteilt, in Wasserkästen zwecks besserer Auskühlung.

Die Vulkanisation erfolgt am besten in Formen bzw. Rohren aus Magnalium oder Lantal unter Wasser. Durch das Heizen in Rohren werden von vornherein Reklamationen von Fehlern der Scheibenränder oder unrunder Scheiben ausgeschaltet. Nach T a l a l a y soll der Kruppsche V2A-Stahl ein ideales Material für Heizrohre sein. Die handlichste Länge dieser Rohre liegt um 1,5 m, längere sind zu unhandlich. Die Heizung erfolgt im Wasserbade. Zu diesem Zweck werden die gefüllten Rohre in an den Stirnseiten des Wasserbassins befindliche Gestelle eingelegt. Die richtige Wahl der Steigung und der eigentlichen Heizdauer hängt ganz von den örtlichen Verhältnissen ab und muß sich nach der Beschleunigung, der Größe des Kessels und der Erwärmungszeit der Wassermenge richten.

Die Herstellung von Flaschenscheiben in Metallrohren mit innerem Dorn, wie T a l a l a y dieselbe eingehend beschrieben hat, dürfte heute die gebräuchlichste sein. Das Schneiden der fertigen Schläuche geschieht automatisch, indem mehrere nebeneinanderliegende Schläuche (meist vier) einem rotierenden Messer entgegengedreht werden. Nach erfolgtem Schnitt senkt sich der Tisch mit den Schläuchen und es erfolgt ein ruckweises Nachschieben in der mittels einer Lehre ausgewählten Länge. Die stündliche Leistung beträgt etwa 7 bis 8000 Scheiben.

Der Mischungsaufbau von Konservenringqualitäten ist nur wenig abweichend von dem der Flaschenscheiben. Für das Spritzen gelten die gleichen Voraussetzungen, die an den Gummi, das Vorwalzen desselben und an die Mischarbeit zu stellen sind. Das Vulkanisieren erfolgt hier jedoch auf mannigfaltigere Art, je nach den Beobachtungen, Erfahrungen und Betriebsverhältnissen in den einzelnen Fabriken. So heizt man die gespritzten Schläuche hier ohne Form und nur auf Dorn unter Wasser, dort in Formen im direkten Dampf. Das Schneiden erfolgt wie bei Flaschenscheiben ebenfalls automatisch auf besonders konstruierten Maschinen.

Flaschenscheiben wie Konserveninge werden nach dem Schneiden in einer rotierenden, gelochten Trommel gewaschen, die zur Hälfte in einen mit Wasser gefüllten Behälter taucht. Nach dem Waschen trocknet man, am besten auf großen, hölzernen Rahmen, die mit einem festen Gewebe bespannt sind und läßt die Ware zweckmäßig noch 24 Stunden bei öfterem Umwenden lüften, damit sie schneller ihren frischen Gummigeruch verliert.

Mit fallenden Rohgummipreisen hatte sich auch bei Flaschenscheiben eine Vorliebe für transparente Qualitäten entwickelt, die Gründe waren mehr propagandistischer als sachlicher Art. Infolge des geringen Schutzes der Kautschuksubstanz durch geeignete Füllstoffe sind transparente Scheiben weit empfindlicher gegen Licht und Sonne als die gewöhnlichen roten, die bei schwimmenden Scheiben außer den geringen Mengen an Vulkanisationselementen doch wenigstens noch etwas Farbstoff enthalten. Schwimmende Scheiben sind naturgemäß weicher als die stärker gefüllten, nicht schwimmenden. Der Bügeldruck der Flaschenverschlüsse wirkt sich infolgedessen hier stärker aus als bei etwas festeren und fördert infolge der stärkeren Deformation der Scheibe die Bildung von Lichttrissen. Letztere bilden sich oft dann in kurzer Zeit, wenn solche Flaschen lange Zeit in der Sonne stehen, wie man dies an heißen Sommertagen oftmals an Ständen und Trinkhallen feststellen kann. Es liegt im Interesse aller Beteiligten, von transparenten und auch schwimmenden Scheiben abzukommen und dafür die übliche rote mit einem spezifischen Gewicht von etwa 1,10 bis 1,20 zu wählen.

### Die Herstellung gewickelter Schläuche

Während Gasschläuche frei in bedeckten Pfannen liegend im freien Dampf vulkanisiert werden, wurden Schlauchringe auf einen Dorn gezogen und fest mit nassen Gewebestreifen umwickelt. Die jetzt zu beschreibende Fabrikation der unter dem Begriff »technische Schläuche« zusammengefaßten Gruppe ist gewissermaßen eine Kombination der beiden zuvor genannten Arbeitsweisen. Dieselbe umfaßt folgende Arbeitsvorgänge:

Das Spritzen des inneren Schlauches, der Seele, und Aufziehen derselben auf einen Eisendorn von entsprechendem Durchmesser. Sodann erfolgt das Aufbringen einer gummierten Gewebelage oder einer geklöppelten Gewebeschicht und schließlich das Decken mit einer Kautschukdeckplatte. Der fertig konfektionierte Schlauch wird alsdann mit nassen Gewebestreifen fest umwickelt und im Schlauchkessel vulkanisiert.

Den mengenmäßig größten Anteil an der Fabrikation technischer Schläuche bilden Wasserschläuche, sodann Preßluft-, Autogen-, Luftpumpen- und andere Schläuche. Jede Kategorie erfordert Mischungen von ganz bestimmtem Aufbau. Die teils handelsüblichen teils sachlich bedingten Färbungen dieser Schläuche verraten dem Fachmann bereits



ihren Zweck. So sieht man Wasserschläuche in der überragenden Mehrheit mit roter, Preßluftschläuche mit schwarzer Decke, Autogen-, Benzin- und Petroleum-, Kloaken- und verschiedene andere Schläuche zumeist in dunklen Qualitäten.

Eine besondere Kategorie bilden wiederum die Bier-, Wein- und Essigschläuche, die in ihrem Mischungsaufbau den für Flaschenscheiben und Konservenringen geltenden Vorschriften, von denen bereits die Rede war, entsprechen müssen. Auch von ihnen wird noch die Rede sein.

In großen Zügen geht die Herstellung so vor sich, daß, genau wie bei Gasschläuchen beschrieben, zuerst ein Schlauch gespritzt wird, dessen Dimensionen den für die Seele des anzufertigenden Schlauches verlangten entsprechen müssen. Der unvulkanisierte Schlauch wird sodann auf einen, im Durchmesser passenden Metall-, zumeist Eisendorn oder Rohr aufgezogen. Die gebräuchlichsten Längen sind 30 m, sie werden aber auch in Längen bis 50 m hergestellt. Um diese Schlauchseele mit dem aufgezogenen Gummischlauch legt man dann auf entsprechend langen Arbeitstischen einen Streifen von gummiertem Gewebe, der je nach der verlangten Zahl an Gewebelinien entsprechend oft herumgelegt und gut angerollt wird.

Dabei muß beachtet werden, daß die Kettenfäden z. B. in rechtsgängigen Spiralen, die Schußfäden alsdann in linksgängigen um den Schlauch laufen. Würde man das gummierte Gewebe beliebig oder gar die Kettenfäden parallel zur Schlauchachse anbringen, so würde die Elastizität des fertigen Schlauches gegen größeren Innendruck zu gering sein und evtl. platzen. Das Auflegen der gummierten Gewebestreifen wird durch Vorschneiden auf der sogenannten Diagonalschneidemaschine wesentlich erleichtert.

Schläuche, die besonders hohe Drucke auszuhalten haben, umgibt man daher mit einer oder mehreren Lagen aus geklöppelter Baumwolle, in besonderen Fällen auch mit Draht. Der Vorzug geklöppelter gegenüber den gummierten Gewebelinien besteht außer der höheren Druckwiderstandsfähigkeit und der besseren Elastizität noch in einer weit besseren Biegsamkeit. Das Umflechten mit geklöppelter Einlage geschieht auf der in der Kabelindustrie gebräuchlichen Klöppelmaschine. Während die einfache Gewebe-Um- und -Einlage bereits mit einer gut klebenden Gummischicht versehen ist, erhält die Klöppelumlage noch einen Einstrich mit einer geeigneten Kleblösung. Zum Schluß wird die Deckplatte, deren Färbung oft eine andere als die der Seele ist, durch sorgfältiges Anrollen und Aufstechen etwa vorhandener Luftblasen, aufgebracht.

Der nunmehr fertig konfektionierte Schlauch wird mittels des bekannten Dreierollers und der Bandagiermaschine mit nassen Gewebestreifen fest umwickelt und ist nun fertig zur Vulkanisation. Die so vorbereiteten Schläuche werden auf den Schlauchwagen gelegt und in den Vulkanisierungskessel eingefahren. Nach beendeter Vulkanisation werden sie mit den Dornen auf den Auswickeltisch gebracht, mittels Wickelmaschine von

der Gewebeumhüllung befreit, mit Hilfe von Luftdruck vom Dorn gezogen, gesäubert und zum Versand fertiggemacht.

Schläuche, die ein hohes Vakuum auszuhalten haben, wie Bau- und Fäkalschläuche, sind der Gefahr ausgesetzt, daß sich die Schlauchseele von den Einlagen loszieht. Um dies zu verhindern, bringt man die Drahtspirale direkt auf den Schlauchdorn, so daß der fertige Schlauch eine innen freiliegende Drahtspirale zeigt.

Die letzte Zeit brachte eine Anzahl von Publikationen verschiedener Fachgenossen über rationelle Fabrikationsmethoden u. a., die unbedingt Beachtung verdienen und auf die deshalb hingewiesen sei.<sup>35</sup>

Wie schon gesagt, erfordern die Schläuche je nach ihrem Zweck auch einen diesem angepaßten Mischungsaufbau. Hier sind entsprechend präparierte Abfälle und Regenerate die geeigneteren Hilfsstoffe!

Bei Preßluftschläuchen hat sich im Laufe der Zeit die Forderung nach einem speckig glänzenden, tiefschwarzen Aussehen der frischen Schnittfläche herausgebildet. Hinter diesem Verlangen steckt mehr als eine bloße handelsgebräuchliche Geste! Der Fachmann weiß, daß ein hoher Gehalt an amerikanischem Gasruß die Ursache ist und daß diesem Füllstoff auch die außerordentlich zähmachende Eigenschaft — die sogenannte »verstärkende Wirkung« — zukommt, die Preßluftschläuche benötigen, um eine entsprechend lange Lebensdauer zu besitzen. Denn die Anforderungen, die die verbrauchende Industrie an diese Kategorie von Schläuchen stellt, sind keine geringen.<sup>36</sup>

Ebenso, wenn auch ganz anders gestaltet, sind für Bier-, Wein- und Essigschläuche Mischungsschematische Voraussetzungen zu berücksichtigen, wie dieselben im allgemeinen auch für Flaschenscheiben und Konserveninge gelten und auf Seite 427 kurz erwähnt wurden. Auf Seite 429 wurde von der Unzweckmäßigkeit transparenter Flaschenscheiben gesprochen, die der Laie oftmals als das Ideal einer »Reinkautschuk-« oder »unverfälschter Paragummiware« anspricht, während der Fachmann ganz anders darüber denkt und deshalb derartigen Meinungen nicht nachdrücklich genug entgegenzutreten kann. Auch Weinschläuche wurden eine Zeitlang besonders häufig mit transparenter Seele verlangt, man kann aber sagen, daß die Vorliebe für derart konfektionierte Schläuche im Interesse von Verbrauchern, Händlern und Fabriken wesentlich nachgelassen hat.

Wein- und Bierschläuche werden in einer weit größeren Anzahl von Dimensionen hergestellt, als die vorerwähnten technischen Schläuche. Die Großdimensionen zum Ableiten vom Kühlschiff oder von der Kelter auf die Gärgefäße und weiter auf die Lagerbehälter usw. umfassen Loch-

<sup>35</sup> Fröhlich, A., Der Wasserschlauch, Gummi-Ztg. 46 (1931) S. 291 und 368; Werner, Peter, Einiges über Schlauchfabrikation, Gummi-Ztg. 46 (1931) S. 666; Fließarbeit im Schlauchmaschinenraum, Gummi-Ztg. 46 (1931) S. 807; Rationelle Wasserschlauchfabrikation, Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 734

<sup>36</sup> Richtlinien für die Prüfung von Preßluftschläuchen, Gummi-Ztg. 44 (1929) S. 253, entnommen Faberg-Mitt. Nr. 3



weiten von 30 bis 80 mm, die Kleindimensionen für Heber- oder Abziehschläuche 13 bis 28 mm Lochweite. Die Ansprüche, die die Brauereien an diese Schläuche stellen, beschränken sich nicht allein auf eine chemisch einwandfreie Beschaffenheit und sorgfältigste Auswahl aller Rohmaterialien, sondern auch auf eine tadellose Konfektion und besonders auf eine glatte Fläche der Seele, damit schädliche Organismen keine Nist- und Haftbasis finden.

Die in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Gummiwaren werden sämtlich in Vulkanisierkesseln, entweder gewickelt oder nicht gewickelt, unter Wasser oder in Formen, alle aber im direkten Dampf geheizt. Deshalb soll anschließend von der Walzenfabrikation die Rede sein, die ihre Artikel ebenfalls gewickelt und im direkten Dampf vulkanisiert. Die

### Fabrikation von Walzen

selbst kleinster Abmessungen erfordert eine ganz besonders sorgfältige Arbeit und große Erfahrung, ganz besonders aber bei Objekten von 6000 mm und mehr an Mantellänge bei etwa 700 bis 800 mm Durchmesser der fertigen Walze, deren Gewicht oft 10 000 kg und weit mehr beträgt. Die hauptsächlichsten Walzenverbraucher sind:

Die Cellulose- und Papierindustrie.

Diese benötigt die wichtigsten Walzen mit höchsten Gewichten von Bedeckungsmaterial an Hart- und Weichgummi. In den Papierfabriken passiert die auf einem endlosen, nassen Filzband geführte Celluloseschicht die Entwässerungsmaschine, um das überschüssige Wasser abzuquetschen. Je nach der Konstruktion haben derartige Maschinen drei und mehr Preßaggregate, von denen die untere Walze eine Gummi-, die obere eine Hartgußwalze hat. Letztere übt einen starken Druck auf die Gummivalze aus. Der Gummibelag der Walzen muß ganz bestimmte Härtegrade aufweisen. Die Mantellänge beträgt 1500 bis 3500 mm bei 15 bis 18 mm Bezugsstärke, bei größeren, schnellaufenden Maschinen sogar 20 bis 25 mm. Es gibt verschiedene Typen von Papiermaschinen, von denen die Langsiebmaschinen die am meisten benutzten sind. Sie ähneln stark den Langsiebmaschinen für Holzschliff-Entwässerung und bestehen aus drei Hauptteilen, der Sieb-, Preß- und Trockenpartie. Eine solche moderne Papiermaschine besitzt eine große Anzahl von Gummiwalzen.

Je nach der Länge der Siebpartie hat eine Maschine oft 30 und mehr Registerwalzen, die das Sieb tragen und führen. Die Anzahl der Siebleitwalzen, die das Sieb spannen, ist verschieden. Die Walzen erhalten zur Schonung des Siebes einen 8 bis 10 mm starken Hartgummibelag, auch die Registerwalzen werden öfter mit Hartgummibelag verlangt.

Die anschließende Preßpartie enthält wiederum eine Anzahl übereinandergelagerter Walzenpaare, von denen die unteren sämtlich mit Gummibelag in jeweils angepaßten Härtegraden versehen sind. Es sind die Gautschwalze, die erste Naßpreß- und anschließend die Filzwasch-

walze, die sich durch besondere Weichheit und Elastizität von den anderen unterscheidet. Hieran schließen sich die zweite, dritte und oft auch die vierte Naßpreßwalze.

Die hohe Umlaufgeschwindigkeit der modernen Maschinen stellt außerordentlich große Ansprüche an die Lebensdauer der Gummibezüge. Von der letzten Naßpreßwalze gelangt die Papierbahn in die Trockenpartie, das sind mit Dampf beheizte, rotierende Zylinder, deren Anordnung eine Länge von 20 bis 50 m und noch mehr einnimmt, während die Gesamtlänge einer modernen Papiermaschine 60 bis 90 und mehr Meter aufweist, eine enorme Länge für eine Arbeitsmaschine!

Die eben erwähnten hohen Ansprüche erstrecken sich auf die großen Preßdrucke gegen den Gummibelag. Das Material ist durch die dadurch veranlaßte Walkarbeit einer fortwährenden Spannung bzw. Stauchung und Entlastung ausgesetzt. Fernerhin ruft die hohe Umlaufgeschwindigkeit der Walzen eine starke Abnutzung herbei. Es gilt also, dem zu begegnen durch eine einwandfreie, nach allen Richtungen hin ausprobierte und bewährte Mischung, ebenso aber auch durch eine peinliche Beachtung aller Einzelheiten bei der Konfektionierung der Walze.

Die schweren Arbeitsstücke verlangen zweckmäßigste Gliederung der Arbeitsräume, sinngemäße Einteilung der Maschinenfolge, dann den überall hingelängenden Kran zum Transportieren der schweren Walzen vom Arbeits- und Wickeltisch zur Drehbank, zum Vulkanisierkessel, zur Ablieferung usw.

Die Ausführung der Arbeit selbst ist bei kleinen Walzen nicht anders als bei großen und umfaßt die folgenden Phasen:

Abdrehen des alten Bezuges, falls der eingelieferte Walzenkern noch von diesem umgeben ist. Man entfernt erst die Weichgummischicht, um das Material noch zur Herstellung von Regenerat verwenden zu können. Alsdann wird die Hartgummischicht abgedreht. Der nackte Walzenkörper wird dann auf der Drehbank mit einem Spitzgewinde versehen, und gleichzeitig kontrolliert, ob auch die Zapfen genau rund laufen und der Gußkörper nicht porös ist. Kein Walzenkörper darf bezogen werden, bevor nicht jeder kleinste Mangel einwandfrei behoben ist. Um das Festsitzen des Bezuges und die Gleichmäßigkeit der Härte nicht zu gefährden, muß auch für die innere Zufuhr der Vulkanisationswärme in den Hohlraum des Walzenkörpers gesorgt werden, gegebenenfalls durch Einbohren von Löchern von etwa 15 mm Durchmesser in die seitlichen Wandungen des Walzenkörpers. Nach dem sorgfältigen Abdrehen, Rauhen und Prüfen wird der Walzenkörper »abgebrannt«, indem man denselben nach langsamem Anheizen etwa 2 bis 3 Stunden bei hohem Druck im Vulkanisierkessel beläßt, um alle öligen und organischen Verunreinigungen zu entfernen.

Nach dem Abbrennen wird der Eisenkörper mit Stahlbürsten gründlichst geputzt. Es darf nirgends auch nur die Spur eines Rostfleckchens noch sichtbar sein. Alsdann erfolgt das Abwaschen mit Benzin und Ein-



streichen mit einer geeigneten Hartgummilösung gleichmäßig über die ganze Ausdehnung der Walzenfläche. Der Walzenkörper kommt nun auf die Wickelbank und wird hier erst mit den etwa 1,5 mm stark gezogenen Hartgummiplatten, anschließend der Weichgummimischung belegt, wobei auf sorgsamstes Anrollen und Aufstechen jedes Luftbläschens größter Wert zu legen ist. Das Verhältnis zwischen Hart- und Weichgummischicht wird so gewählt, daß erstere etwa zwei Fünftel, letztere etwa drei Fünftel der gesamten Bezugsstärke aufweist.

Nach diesen Vorbereitungen wird nun, wie bereits an früherer Stelle beim Einwickeln der technischen Schläuche geschildert, auch hier die vulkanisationsreife Walze mit nassen Stoffbinden stramm eingewickelt und kommt dann in den Vulkanisationskessel. Die Durchführung der Vulkanisation muß hier mit einer ganz besonderen Obacht geschehen, d. h. mit einer ausreichenden Steigung, um eine vollständige Wärmedurchwanderung zu erzielen. Der Heizdruck soll 3 Atmosphären nicht übersteigen. Nach beendeter Heizung muß die Walze je nach ihrer Größe mehr oder weniger lange Zeit im Kessel noch abstehen. Das Auswickeln darf erst nach dem vollständigen Erkalten der Walze erfolgen.

Die fertig vulkanisierte und ausgewickelte Walze kommt nun auf die Drehbank oder die Walzenschleifmaschine und ist nach dem Schleifen und Polieren versandfertig. Eine auch die Einzelheiten schildernde Beschreibung der Walzenfabrikation gibt Füllsack<sup>37</sup> einschließlich einer Sammlung von Beispielen für die von den einzelnen Industrien benötigten Härtegrade sowie Mischungs- und Vulkanisationsbeispiele.

Weitere Gummiwalzen verbrauchende Industrien sind:

Die Lederbranche für Lederspalt- und Lederfalzmaschinen sowie für die Enthaarungstrommeln. Ferner die Textilbranche für Quetsch-, Walk-, Farb-, Druck- und Ratinierwalzen, Walzen für die Bleicherei und für Bandsägenspaltmaschinen, für Reißschälwalzen und Mandelschälwalzen. Im Laufe der letzten Jahre hat die Gummiwalze infolge verschiedener Vorteile gegenüber der sonst billigeren Gelatinewalze diese in steigendem Maße aus den Druckereien verdrängt. Deutlicher noch als in Buchdruckmaschinen wirken sich die Vorteile der Gummiwalzen in Rotationsmaschinen aus. Der Kampf zwischen den sogenannten »Massewalzen« (d. h. Gelatinewalzen!) und den in der Anschaffung, nicht aber im Gebrauch wesentlich teureren Gummiwalzen währt schon lange, die technischen Überlegenheiten der Gummiwalzen lassen diese aber immer mehr Eingang in das Buchdruckgewerbe finden. Über »Gummiwalzen in Buchdruckmaschinen« bringt die »Sonderbeilage der Zeitschrift für Deutschlands Buchdrucker« diesbezüglich orientierende Aufsätze, auf die in der Fußnote hingewiesen sei.<sup>38</sup> Ein Sonderkapitel um-

<sup>37</sup> Füllsack, L., Die Fabrikation von Gummiwalzen, Gummi-Ztg. 44 S. 523, 634

<sup>38</sup> Wirtsch.-Amts-Mitt. Herausgegeben vom Deutschen Buchdruckerverein, Leipzig C. I, (März 1933) Nr. 3. Ferner: Kluckow, Gummiwalzen in Buchdruckmaschinen, Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 911

faßt die Behandlung von Gummiwalzen. So bildet die besonders vom graphischen Gewerbe verlangte große Weichheit der Walzenbezüge eine ständige Ursache von Reklamationsmöglichkeiten, wenn die Walzenoberfläche mit ungeeigneten organischen Lösungsmitteln abgewaschen wird. Die Folge ist ein Quellen und damit eine Änderung der Dimension, die zu Betriebsstörungen führen kann und in krassen Fällen die Lebensdauer derart behandelter Walzen stark gefährdet. Weiterhin sind kupferhaltige Ölfarben, durch Kochen in Kupferkesseln erhalten, eine ebenso große Gefahrenquelle wie solche mit dem vielfach üblichen Gehalt an Mangansikkativ. Die katalytisch entstehende Zersetzungswirkung des Kupfers und Mangans wurde bereits mehrmals erwähnt. Es bedarf also großer Erfahrung des Kautschukchemikers, um für alle Zwecke geeignete Qualitäten aufzubauen, die auch vielen Möglichkeiten unsachgemäßer Behandlung widerstehen.

### Qualitäten für Spezialzwecke

Hierunter sind Gummiwaren zu verstehen, die im Aufbau der Mischungen nur dem besonderen Zweck, dem sie dienen sollen, angepaßt sind. Dies erfolgt in der Hauptsache durch die Auswahl geeigneter Beschleuniger und Füllstoffe mit spezifischen Wirkungen, wobei auch der Füllungsgrad, die Art der Erweicher, Verwendung geeigneter Alterungsschutzmittel sowie der Vulkanisationsgrad eine wesentliche Rolle spielen. Derartige spezielle Anforderungen können sowohl chemischer als auch physikalischer Natur sein. Im ersteren Fall rechnet man hierzu z. B. Schläuche und anders geformte Artikel, die widerstandsfähig sein sollen gegen Säuren und Alkalien, Sauerstoff und Chlor. Im zweiten Falle sollen sie gegen Heißluft oder hohe Dampftemperaturen oder Lösungsmittel, Öle und Fette, beständig sein. Sehr hohe Ansprüche mechanischer Natur werden bekanntlich an die Abnutzungseigenschaften der schwarzen Laufflächen von Autoreifen gestellt und weitgehend durch die verstärkenden Eigenschaften des amerikanischen Gasrußes erfüllt.

Andere Gummiwaren, die im gewissen Sinne ebenfalls Spezialzwecken dienen und bereits an früherer Stelle behandelt sind, waren Heißwasserschläuche, von denen eine möglichst geringe Neigung zur Wasserabsorption gefordert und bereits auf Seite 425 besprochen wurden. Ebenso Qualitäten für Nahrungsmittel, von denen im Kapitel »Flaschenscheiben und Konserveninge« die Rede war, und schließlich von Autogen- und Preßluftschläuchen, von denen eine gute Widerstandsfähigkeit gegen die oxydierende Wirkung des Sauerstoffs verlangt werden muß.

**Säureschläuche** und Anfragen nach ihrer Brauchbarkeit für näherbezeichnete Säuren nehmen einen wesentlichen Raum im Arbeitsprogramm von Fabriken technischer Gummiwaren ein. Der Aufbau solcher Mischungen verlangt die Verwendung von säureunempfindlichen Füllstoffen. Auch die Mitverwendung von geeigneten Regeneraten und Faktissen ist durchaus günstig. Je nachdem wendet man, wie schon aus dem Abschnitt »Mischungswesen« zu entnehmen ist, durch Säuren nicht angreif-



bare Füllstoffe, wie z. B. amerikanischen Gasruß, gewisse Tonsorten, Kieselsäure, Graphit, Carborundum, Bleiglätte, Mikroasbest, Schwerspat usw. an. Außerdem empfiehlt es sich, Substanzen, wie z. B. Paraffin, Ozokerit u. dgl. einzumischen, die an die Oberfläche diffundieren und hier eine zusätzliche Schutzschicht bilden. An Stelle des gewöhnlichen Zinkoxydes empfiehlt es sich, die im viel geringeren Maße säureempfindlichen sog. »aktiven« Zinkoxyde zu verwenden. (Siehe auch den Abschnitt »Kautschukbekleidungen von Metallen«.) Auf Grund einer Reihe systematischer Versuche fanden z. B. Dewey und Lewis<sup>39</sup>, die mit Schwefelsäure bis zu 50% Stärke und mit konzentrierter Salzsäure arbeiteten, folgendes: Kautschukmischungen zur Auskleidung von Säuretanks müssen bei niedriger Temperatur vulkanisiert sein, Zinkoxyd als Aktivator enthalten, das gleichzeitig die Mischung so weich macht, daß eine gute Bindung der einzelnen Lagen erfolgt. Als eine billige Mischung für solche Auskleidungszwecke wird angegeben:

460	Kautschuk,
742	Regenerat aus Autoreifen,
37	Schwefel,
1	Thiuramdisulfid,
4,5	Äthylidenanilin,
560	Kadox,
2,25	Paraffin und
230	Mineral-Rubber,

alles in Teilen. Trotz aller nicht zu bestreitenden Fortschritte, die die moderne Mischungstechnik zu verzeichnen hat, kann bei objektiver Beurteilung von einer dauernden Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß konzentrierter Schwefel- und insbesondere Salpetersäure, nicht gesprochen werden.

Im November 1931 machte die Firma Du Pont de Nemours auf der Versammlung der Fachgruppe »Kautschuk« der Amerikanischen Chemischen Gesellschaft bekannt, daß ihr durch Polymerisation von Chloropren die Herstellung eines neuen synthetischen Kautschuks gelungen sei, der »Dupren« genannt, erheblich widerstandsfähiger gegen den Angriff von Ozon, Sauerstoff, starken Säuren u. a. Chemikalien sein soll. Chloropren unterscheidet sich chemisch vom Isopren nur dadurch, daß eine Methylgruppe durch ein Chloratom ersetzt ist. Die Polymerisation erfolgt ferner erheblich schneller als beim Isopren und das dabei entstehende Produkt soll einen richtig ausvulkanisierten Kautschuk darstellen mit allen Eigenschaften eines gleichen, aber mit Naturkautschuk hergestellten Vulkanisates. Beim Dupren ist also eine nachfolgende Vulkanisation nicht mehr nötig. Übertriebene Hoffnungen sind aber noch nicht am Platze, die nötigen praktischen Erfahrungen stehen noch aus und der Preis liegt vorläufig noch erheblich über denjenigen des Naturkautschuks.<sup>40</sup>

<sup>39</sup> I. R. W. (Dezember 1926) S. 129

<sup>40</sup> Gummi-Ztg. 46 (1931) S. 424

Für Mischungen, die gegen Laugen, Seife- und Sodalösung, Kali- und Natronlaugen beständig sein sollen, gilt im Prinzip das bereits für Säurequalitäten Gesagte. Alkalien in mäßiger Konzentration haben im allgemeinen auf richtig eingestellte Mischungen eher einen günstigen als einen nachteiligen Einfluß.

Bei der Konfektionierung von Alkali- und Säureschläuchen ist zu beachten, daß die Schlauchenden mit Gummi überdeckt sind, um die Gewebeeinlagen zu schützen. Erfolgt dies nicht, so findet von hier aus eine schnelle Zerstörung der Schläuche statt. Nach einer amerikanischen Untersuchung über die Einwirkung verschiedener Chemikalien auf eine sinngemäß eingestellte Kautschukqualität wurde ermittelt:<sup>41</sup>

	Konzentration in Gewichtsprozent:	Maximale Tempe- ratur in ° C
Bromwasserstoff	Konzentriert	40° C
Fluorwasserstoff	"	65° C
Kieselfluorwasserstoff	jede Konzentration	65° C
Salzsäure	Konzentriert	65° C
Salpetersäure	bis zu 25%	40° C
Phosphorsäure	bis zu 50%	65° C
Schwefelsäure	bis zu 50%	65° C
Soda- und Kalilauge	bis zur Sättigung	65° C
Chlorkalzium	"	65° C
Chlorkalk	"	40° C
Kupfersulfat	"	65° C
Saures Natriumsulfat	"	65° C
Natriumhypochlorit	"	40° C

Die Verfasser obiger Tabelle geben weiter an, daß für schwächere Chemikalien, wie 50proz. Essigsäure, Kohlensäure und ähnliche, hochwertige Wasserschläuche verwendet werden können.

Da die amerikanischen Fachgenossen auch nur mit Wasser kochen können, bezweifelt Verfasser stark die Widerstandsfähigkeit einer Kautschukqualität, sie mag auch noch so sinngemäß aufgebaut sein, gegen Salpeter- und Phosphorsäure bei den in der Tabelle genannten Konzentrationen und Temperaturen.

Eine große Rolle spielen **Schläuche zum Durchleiten von organischen Lösungsmitteln** wie Benzin, Benzol, chlorierte Kohlenwasserstoffe, ferner Petroleum, Teer- und Mineralöle u. dgl.

Derartige Qualitäten verlangen kautschukarme, stark ausvulkanisierte Mischungen. Die modernen, schwefelarmen Kombinationen haben sich hier im allgemeinen als ungünstiger erwiesen als die »altmodischen« mit Schwefelgehalten von 6 bis 10%! Von großer Unterschiedlichkeit ist hier die Einwirkung bzw. Quelfähigkeit, die die einzelnen Lösungsmittel ausüben. Am stärksten und nachteiligsten wirken chlorierte Kohlenwasser-

<sup>41</sup> I. R. W. (Juli 1931) S. 58



stoffe, wie Tetrachlorkohlenstoff, Trichloräthylen u. a., aber auch Petroleum und Terpentinöl führen eine starke Quellung und ungünstige Strukturveränderung herbei, desgleichen Benzol und seine Homologen. Verhältnismäßig noch am harmlosesten verhält sich Benzin, und zwar um so günstiger, je leichter die Flüchtigkeit ist. Neuerdings erscheint unter der Handelsbezeichnung »Thiokol« ein Olefin-Polysulfid-Reaktionsprodukt, das selbst gegen Benzol, chlorierte Kohlenwasserstoffe u. a. stark angreifende Lösungsmittel praktisch nichtquellende Mischungen gibt, wenn man 100 Teile dieses neuen Produktes mit 5 Teilen Rohkautschuk auf die übliche Weise unter Verwendung der geeigneten Füllmaterialien mischt. Der Nachteil besteht allerdings in einer starken Geruchsbelästigung des Mischarbeiters. Je höher die Walzentemperatur, um so intensiver der Geruch. Thiokol ist noch zu wenig von der Gummiindustrie praktisch verwendet worden, so daß nähere Angaben über den wahren Wert noch nicht vorliegen dürften. Interessant ist noch, daß sich Thiokol mischen und vulkanisieren läßt, ein spezifisches Gewicht von etwa 1,59 besitzt und sich angeblich weder durch Sauerstoff noch Ozon oxydieren lassen soll, so daß reine Thiokolmischungen auch keine Qualitätsverschlechterung durch Alterung erfahren dürften.\*

Der Einfluß von Ölen und Fetten auf vulkanisierte Kautschukwaren ist ebenfalls ein recht unterschiedlicher! So rufen Mineralöle, Paraffin- und Vaselineöl eine starke Quellung hervor, während fette Öle, Leinöl und Firnis von geringem Einfluß sind. Mischungen für organische Lösungsmittel, Öle und Fette sollen, wie schon gesagt, wenig Kautschuk und einen hohen Prozentsatz an Schwefel enthalten, während sich für weiche Mischungen ein hoher Gehalt eines geeigneten Faktis gut eignet. Im allgemeinen sind alle Weichmacher auszuschalten, auch Harze und bituminöse Substanzen. Wichtig ist, daß die Vulkanisation mindestens bis zum Vulkanisationsoptimum erfolgt! Eine gewisse Überheizung ist weit weniger von Nachteil als eine geringe Untervulkanisation! Da die verschiedenen Lösungsmittel und Öle die Oberfläche des Kautschuks recht unterschiedlich angreifen, müßte man für jedes eine besondere Qualität aufbauen. Pflanzliche Öle sind, wie gesagt, von einem erheblich geringeren Angriffsvermögen auf Kautschuk als Mineralöle. Handelt es sich hierbei um Öle, die Genußzwecken dienen sollen, so dürfen die Schlauchmischungen keinerlei Bestandteile enthalten, welche die Farbe, den Geruch oder Geschmack nachteilig beeinflussen. Schläuche für Farbspritzapparate dürfen keine Farbstoffe enthalten, die die Farbe der zu spritzenden Farblösung irgendwie beeinträchtigen können, es muß hier besondere Obacht gegeben werden, daß zum Färben der Mischung z. B. nicht etwa Benzin oder Benzol stark färbende organische Farbstoffe Anwendung finden.

**Dampfschläuche** sind besonders hohen Anforderungen ausgesetzt und müssen widerstandsfähig sein gegen hohe Temperaturen sowie starkem

\* siehe Smith, A. H., Kautschuk 9 (1933) S. 85, und Reiner, St., Kautschuk 9 (1933) S. 191

Druck und Abnutzung, wobei sowohl der Schlauch wie die Friktionierung einem mehr oder weniger schnellen Erhärten ausgesetzt sind. Die Zusammensetzung solcher Mischung erfordert Füllstoffe, welche die Wärme gut leiten, wie Zinkoxyd oder Bleiglätte. Von großem Einfluß auf die Lebensdauer ist hier auch die Konfektion, die für Dampfschläuche eine besonders starke Gummiseele, Decke und Gummischicht auf den Einlagen verlangt. Anzahl der Gewebeeinlagen und Durchmesser des Schlauches haben sich nach dem Dampfdruck zu richten, den die Schläuche auszuhalten haben. Amerikanische Firmen haben — unabhängig voneinander — nach »India Rubber World, Juli 1931, S. 58« festgestellt, daß gespritzter Dampfschlauch haltbarer ist als ein aus kalanderter Platte gewickelter, da letzterer zu leicht an den Nahtstellen aufreißt. Dampfschläuche mit mehreren Lagen von friktioniertem Gewebe haben eine bessere Haltbarkeit gezeigt als solche mit einer geringeren Anzahl und Umklöpfung. Es wird deshalb vorgeschlagen, auf Grund dieser Erfahrungen Dampfschläuche aus gespritztem Schlauch und mit einer ausreichenden Anzahl von Gewebeeinlagen ohne Umklöpfung aufzubauen.

Wie bereits erwähnt, empfiehlt es sich bei Mischungen, die einer Wärmeoxydation unterliegen können, d. h. die für Waren bestimmt sind, die einer Dauerbeanspruchung bei erhöhter Temperatur oder im Dampfstandhalten müssen, Alterungsschutzmittel zuzusetzen und mit der geringstmöglichen Schwefelmenge zu vulkanisieren. In neuester Zeit hat sich, wie schon aus dem Abschnitt »Mischungswesen« entnommen werden kann, die Vulkanisation unter Verwendung von schwefelhaltigen Beschleunigern in entsprechender Menge, an Stelle des elementaren Schwefels mehr und mehr eingebürgert. Von derartigen Beschleunigern seien beispielsweise erwähnt: Tetramethyl-Thiuramdisulfid oder -Tetrasulfid.

### Die Herstellung technischer Formartikel

Diese umfaßt alle Artikel, die in Guß- oder Schmiedeeisenformen<sup>42</sup> unter Druck heiß vulkanisiert werden, wie Absätze, Sohlen, Fahrradgriffe, Muffen, Puffer, Kugeln, Pfropfen, Schnurringe, Kondensatorklappen, Manschetten, Krückenkapseln, Leiterfüße, Zahlsteller und viele andere, die scharf ausgeprägte Konturen aufweisen sollen. Die mischungs- und vulkanisationstechnischen Voraussetzungen, das Formenmaterial und die Fehlerquellen wurden bereits im Kapitel »Die Vulkanisation in Formen« auf Seite 418 behandelt, im folgenden sollen mehr die technischen Einzelheiten geschildert werden.

Die gebräuchlichsten Formen sind zwei- oder auch dreiteilig, zu letzteren gehört außer dem Boden- und dem Deckelstück noch ein Dorn (Fahrradgriffe!) oder ein Einsatzstück.

Ein wichtiges Kapitel ist die peinlichste Sauberhaltung der Form und ihre Säuberung nach jeder Heizung, ganz besonders aber nach längerem

<sup>42</sup> Siehe auch Werner, Peter, Herstellung von Formen für Formartikel, Gummi-Ztg. 46 (1932) S. 1262



Nichtgebrauch. Das Säubern geschieht mit den verschiedensten Mitteln, wie mittels Sandstrahlgebläse und feinem Sandpapier, Lauge oder Petroleum. Für die Wahl des geeignetsten Mittels ist einmal der Zustand der Form, ferner aber die Feinheit der Gravur entscheidend.

Für alle Formartikel ist ein gutes Herauslösen aus der Form nach der Vulkanisation von großer Wichtigkeit. Die fertigen Artikel dürfen nicht in der Form hängenbleiben, nicht allein, daß die Arbeit dadurch erschwert und verteuert wird, wird noch durch Beschädigungen ein höherer Prozentsatz Partie- oder gar Fehlware hervorgerufen. Außerdem bedient man sich noch der Formen-Einstreichmittel, mit denen die Form noch im heißen Zustande gleichmäßig eingestrichen wird. Dies ist wichtig, weil das Lösungsmittel, meist Wasser, erst restlos verdunstet sein muß, bevor man den Gummi einlegt. Jede Gummiwarenfabrik ist der Ansicht, auf Grund ihrer langen Erfahrung das geeignetste Einstreichmittel herausgefunden zu haben. Von den bekanntesten marktgängigen Einstreichmitteln seien hier die Produkte Taka, Tulex, Mouldpaste genannt. Bei der Wahl der Einstreichmittel spielt auch die Farbe der herzustellenden Artikel eine Rolle und es ist darauf zu achten, daß diese in keiner Weise ungünstig beeinflußt wird. Sehr wichtig ist auch die Erziehung der Arbeiter zur saubersten Handhabung ihrer Einstreichmittel. Von Zeit zu Zeit sind die Formen gründlichst auszuwaschen und auf ihre Glätte zu prüfen. Bei Gußformen ist es ratsam, dieselben zu verchromen. Bei porösen Formen lohnt es sich in der Regel nicht, diese zum störungsfreien Arbeiten mit Bakelit- und ähnlichen harten Lacken zu überziehen, dies bleibt doch nur immer ein sehr zweifelhaftes Behelfsmittel. Wenn hier ein Plattieren mit anderen Metallen nicht mehr erfolgversprechend erscheint, ist es stets richtiger, lieber die Kosten an neue Formen zu wenden.

Zur Vorbereitung der zu vulkanisierenden Mischung kommt diese entweder als kalanderte Platte oder von der Spritzmaschine geformt in die Formabteilung. Es werden zuerst einige Vorheizungen gemacht, um das richtige Gewicht bzw. Stückgröße festzustellen. Je besser ein gespritztes Stück von komplizierterem Querschnitt die Form ausfüllt, um so weniger Partieware, um so besser fällt jedes einzelne Stück aus. Kleine Formen von möglichst nicht über 50 mm Höhe heizt man heute überall in Etagenpressen, größere und sperrige dagegen im Kessel.

Nicht unwesentlich ist auch das Schließen der Presse, nachdem die Formen zur Vulkanisation zwischen die Heizflächen gebracht wurden. Dies muß vorsichtig und sorgsam geschehen, damit sich die Deckel oder Bleche nicht verschieben können und die rohe Mischung genügend Zeit findet, überall hin zu fließen. Bei zu schnellem Schließen besteht die Gefahr, das zuviel Material herausgequetscht wird, bevor alle entfernteren Teile der Form ausgefüllt wurden. Die Anfertigung der verschiedenen Artikel unterscheidet sich nach dem Vorausgeschickten nur noch wenig. Am einfachsten ist die Herstellung von **Stopfen und Pfropfen**, die aus einer gespritzten Gummischnur in der Stärke des mittleren Durchmessers

der fertigen Pfropfen und der entsprechenden Länge zugeschnitten vorbereitet werden. Die einzelnen Bohrungen der schmiedeeisernen Platte, je nach Größe 10, 30, 50 und mehr, werden mit diesen Rohlingen gefüllt,

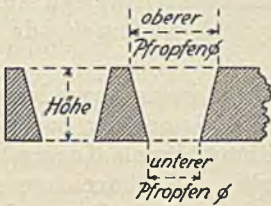


Abb. 225. Preßform für massive Gummipfropfen

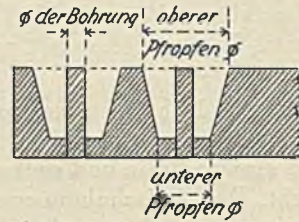


Abb. 226. Preßform für durchbohrte Gummipfropfen

zwischen zwei polierte Stahlbleche gebracht und unter die Presse befördert (Abb. 225 und 226).

Schnurringe für Nähmaschinenspulen, Separatoren, Honigschleudermaschinen, Kinderwagen- und Spielzeugräder (Roller) werden dagegen in

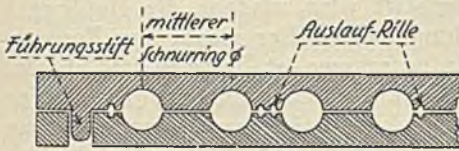


Abb. 227. Vulkanisierform für Schnurringe und dergl.



Abb. 228. Vulkanisierform für Kupplungsringe

zweiteiligen Formen geheizt, von denen jede Hälfte halbkreisförmige Vertiefungen enthält und durch Führungsstifte in ihrer Lage fixiert ist (Abb. 227).

Kupplungsringe, genormt nach Storz-, Girsberg- u. a. Kupplungen, benötigen genau geformte, den einzelnen Maßen entsprechende Formen aus



Abb. 229. Vulkanisierform für Diaphragmapumpen-Membranen

schmiedeeiserner Platte und losem Einsatzstück mit konischer Führung. Als Rohlinge werden Schlauchringe angefertigt von der mittleren Wandstärke des Profils (Abb. 228).



**Membranen zu Diaphragmapumpen** benötigen zweiteilige Formen, die eine äußere und eine innere Führung haben müssen. Der Rohling wird aus der kalanderten Platte entsprechend zugeschnitten und kann mit und ohne Gewebeeinlage sein (Abb. 229).

Die Herstellung dieser Artikel ist in einem beachtenswerten Aufsatz in der Gummi-Zeitung behandelt worden, der noch weitergehende Einzelheiten enthält.<sup>43</sup>

**Zahlsteller** und ähnliche Reklameteller stellen keine besonderen technischen Anforderungen an ihre Herstellung, sie sind hier nur erwähnt, weil eine einwandfreie und saubere Beschriftung oftmals Kopfzerbrechen verursacht. Das Aufschablonieren der Schrift- und Bildzeichen gibt oft verschwommene und unsaubere Stellen und macht größere Schwierigkeiten als die Verwendung bereits vorvulkanisierter, ausgestanzter andersfarbiger Schrift- und Bildzeichen. Man arbeitet hier in der Weise, daß man die weiche, rundgeschnittene, rohe Platte auf die in der Heizform in einer Schablone steckenden vorgeheizten Zeichen drückt, die Schablone entfernt und nun das Ganze vorsichtig in die Form legt, diese schließt und vulkanisiert. Eine der schwierigsten Fabrikationen ist die

**Kugelfabrikation.**<sup>44</sup> Man unterscheidet hier die Vollgummikugel, deren Kern aus Eisen, Blei, Messing oder anderem Material sein kann und die in der Hauptsache für Pumpen benötigt wird, alsdann die Hohlkugel, die als Schwimmerkugel Verwendung findet. Hier macht das Formmaterial größere Schwierigkeit, da es schwer ist, Formen mit absolut zentrisch übereinanderlagernden Halbkugeln zu erhalten. Die Kerne müssen zuvor sehr gut abgebrannt und gereinigt werden und erhalten sodann einen Einstrich mit einer Hartgummilösung. Alsdann erfolgt das Belegen mit der Hartgummi- und Weichgummischicht, von denen die erstere nur dünn sein braucht, etwa 1 bis 1,5 mm, während die Weichgummiplatte zweckmäßig in einer Stärke von 2 bis 3 mm herumgelegt wird. Die entstehenden Falten werden mit der Schere abgeschnitten und die überstehenden Teile sorgfältig mit dem Falzbein zusammengedrückt, wobei eventuell Benzin zu Hilfe zu nehmen ist. Es ist bei der Konfektionierung der Kerne große Aufmerksamkeit erforderlich, damit dieser stets in einer konzentrischen Lage befindet. Die fertige Ventilkugel darf nicht einseitig rollen, bei zentrischer Umkleidung muß dieselbe auf glattem, genau horizontalem Untergrund allseitig still liegen.

Als Schwimmerkugel werden meistens Hohlkugeln verwendet. Die Fabrikation erfolgt wie die der Bälle mittels eines Treibmittels und geschieht ebenso durch Zusammenkleben von vier spitzovalen Plättchen. Bei weichen, schwimmenden Qualitäten verwendet man noch eine Hartgummiunterlage unter der Weichgummischicht. Oft wird auf Wunsch des Bestellers oder auf Grund besonderer Erfahrung einzelner Fabrikanten die Schwimmerkugel mit einem Korkkern angefertigt. Die Gummischicht

<sup>43</sup> Die Fabrikation technischer Formartikel, Gummi-Ztg. 46 (1931) S. 114

<sup>44</sup> Die Kugelfabrikation, Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 707

darf hier nicht so stark sein, um ein übermäßiges Zusammendrücken des Korkkerns zu verhüten. Dieser wird durch die nach der Vulkanisation eintretende Entspannung unter Umständen unrund. Hierzu macht P e t e r W e r n e r (Gummi-Zeitung vom 30. Juni 1933) einen schönen Vorschlag, der diese Fehlermöglichkeit ausschaltet. Er benetzt grobes Korkschrot mit einer dünnen benzinischen Lösung einer hochwertigen, leichten Hartgummimischung, und zwar soweit, daß das Ganze gerade noch zusammenhält, wozu etwa 15% des Korkgewichts nach dem Verdunsten des Benzins an trockener Hartgummimischung benötigt werden. Aus abgewogenen Mengen dieser Masse formt W e r n e r dann in der Hand eiförmige Bälle, preßt diese in der Kugelform vor und vulkanisiert unter den für Hartgummi geltenden Bedingungen. Der so erhaltene Korkkern ist absolut rund, sein Schwerpunkt liegt genau in der Mitte und deformiert sich nicht, weder nach dem Belegen mit Weichgummi noch nach der Vulkanisation.

Das Vulkanisieren von Kugeln bedarf größerer Erfahrung als das Heizen der normalen technischen Artikel.

### Die Herstellung von Matten, Platten und Fußbodenbelag

Im Abschnitt über das Vulkanisieren in Pressen (Seite 421) wurden die Mischungstechnischen Voraussetzungen für das Erhalten fehlerfreier Oberflächen und Ansatzstellen bei langen Matten und Platten, die Wichtigkeit der richtigen Dosierung der Beschleunigung für Presse- und Wickelheizung und andere Punkte besprochen, die als Vorbedingung für ein störungsfreies Arbeiten anzusehen sind, desgleichen die Mängel an den Pressen selbst erklärt.

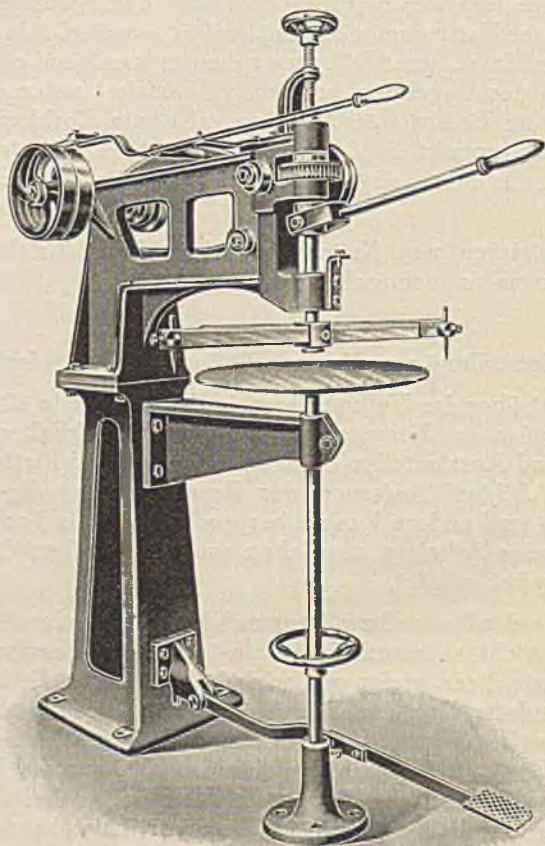
Die mit Hilfe der Presse bzw. Trommel herzustellenden Artikel sind in ihrer Gestalt nicht so mannigfaltig als technische Formartikel, dienen aber, ebenso wie diese, vielen und wichtigen Zwecken. So in erster Linie die **Dichtungsplatte**, aus der Scheiben, Ringe, Streifen, Rahmen nach Schablone u. dgl. geschnitten werden und die verschiedenste Anwendung finden. Ringe und Scheiben werden hierbei aus der Platte mittels einer Maschine geschnitten. Die Gummiplatte liegt dabei auf dem Tisch derselben. Darüber befindet sich an einer vertikalstehenden Achse ein rotierendes Messer, angeordnet um Scheiben, oder aber ein Messerpaar, um Ringe auszuschneiden. Durch die Verstellbarkeit der Messer kann ein beliebiger Radius eingestellt werden. Das Schneiden erfolgt, indem man mit Hilfe eines Pedals den rotierenden Messerträger gegen den Tisch senkt (Abb. 230).

Die Konfektionierung solcher Dichtungsmaterialien verlangt seltener Platten aus Gummi allein, als vielmehr in Verbindung mit gummiertem Gewebe in einer oder mehreren Lagen in der Mitte (Einlagen) oder auf einer oder beiden Oberflächen (Umlagen). Ein besonderes Augenmerk ist dem hier nicht zu vermeidenden Abfallanteil zuzuwenden und genau zu überlegen, ob der anzufertigende Artikel nicht bereits aus unvulkanisier-



ter Platte herstellbar ist, um ein Zuviel an vulkanisiertem Abfall zu vermeiden.

Viele Großverbraucher, wie Marine, Heer, Reichsbahn, Behörden und Industrierwerke, schreiben bestimmte Prüfverfahren vor. Diese laufen in der Hauptsache darauf hinaus, daß die Bindungen zwischen Gewebe- und Gummilagen nach einer vorgeschriebenen Einwirkungsdauer von Wasser,



*Abb. 230. Schneidemaschine für Ringe und Scheiben  
aus Gummiplatten  
(Hugo Dietzel, Hannover)*

Dampf und trockener Wärme sich nicht anormal leicht voneinander lösen, daß ferner die Gummioberflächen beim Knicken nicht brechen und andere physikalische Eigenschaften, wie die Festigkeit und Dehnbarkeit keine wesentliche Verschlechterung erfahren dürfen. Eine große Rolle spielen heute Matten für den Fußboden in Büros und Haushalt, Automobilen und öffentlichen Beförderungsmitteln, in Krankenhäusern und Sa-

natorien, Elektrizitätswerken und Maschinenhäusern, Banken, Cafés und den großen Überseedampfern. Die Vorteile sind heute nicht mehr zu bezweifeln und haben sich auch gegenüber Linoleum nach jahrelangen Kämpfen gegen den Gummibelag erfolgreich behauptet. Die Lautlosigkeit des schrittdämpfenden Gummifußbodenbelags und seine Elastizität werden von keinem Ersatzstoff übertroffen, während Mängel und Fehler beim Verlegen, Beulenbildung, Breiterwerden mit Aufstauchung der Kanten, vorzeitiges Ab- oder Durchtreten hier wie dort vorkommen können. Vom Standpunkt der Lärmbekämpfung aus betrachtet kommt heute nur noch Gummi in Frage! Auch in Straßenbahnen und Autobussen bietet Gummibelag dem Fuß der Stehgäste weit mehr Widerstand und einen sichereren Halt als Linoleum. Wenn es die Situation gestattet, soll dem Käufer hier die Wahl einer ausgesprochenen Schmutzfarbe nahegelegt werden, z. B. ein schönes Graublau, weil eine solche Farbe die Fußabtritte weniger sichtbar macht und das Gesamtbild damit für alle Beteiligten verbessert.

Für die Herstellung der lose auf dem Fußboden ruhenden Gummimatten geht man im allgemeinen von Mischungen mit 25 bis 40% Rohgummigehalt aus. Je höher, um so besser Elastizität und Abnutzungseigenschaften.

Bezüglich der Herstellung festhaftend verlegter Fußbodenbeläge sowie des hier nur der Vollständigkeit halber erwähnten Gebietes der Verwendung von Gummi im Straßenbau, sei auf die entsprechenden Sonderkapitel dieses Werkes verwiesen.





# GUMMIBEREIFUNG

VON R. P. DINSMORE, AKRON (OHIO), U. S. A.<sup>1</sup>

## Einleitung

Bei der Bearbeitung eines Kapitels über einen Gegenstand von solcher Wichtigkeit und notwendigerweise begrenzter Länge steht der Autor vor dem wichtigen Problem, welche Fächer er einschließen und bis zu welchem Maße er sie ausdehnen soll.

Die Probleme der Reifenkonstruktion zum Beispiel sind so innig verbunden mit der Felgenart, der Gewebekonstruktion und den Mischungen, daß die Möglichkeit einer getrennten Behandlung ausgeschlossen ist. Es ist klar, daß ein Buch, das über alle diese Fächer schreiben und diese Gegenstände einschließen wollte, automatisch eine Verkürzung in der Behandlung des Hauptthemas vornehmen müßte.

Ebenso scheint es zweckmäßig zu sein, bei Betrachtung der historischen Seite nur einen kurzen Überblick zu geben. Doch begann das Wachstum dieses modernen Riesen, der Reifenindustrie, erst nach einer langen leidvollen Kindheit. Ohne diese Entwicklung zu kennen und ohne sie zu verstehen, ist eine richtige Auffassung ihres heutigen Standes unmöglich. Der richtige Hintergrund für diese Diskussion wäre allerdings, wenn ein umfassender Überblick über die Entwicklung des Automobils gegeben würde und über die rasch wechselnden Anforderungen, die an den Reifen gestellt wurden. Solche Entwicklungen haben immer den wichtigsten Einfluß auf die Reifentechnologie.

Sehr wichtig erschien auch der Umstand, daß es nach Jahren, als die Pioniere der Industrie den Schauplatz ihres Wirkens verlassen hatten, für ihre Nachfolger immer schwieriger wurde, aus deren Tätigkeit zu lernen.

Es erscheint daher zweckmäßig, dem historischen Hintergrund einen beträchtlichen Raum zu widmen, insbesondere mit Berücksichtigung der Fahrradbereifung, die ein so wichtiger Faktor in der Entwicklung der ganzen Industrie gewesen ist.

Es muß noch besonders bemerkt werden, daß Zeit und Nachrichten, die dem Autor zur Verfügung standen, eine vollständige und erschöpfende Erforschung der Literatur aller Länder nicht gestatteten. Dies ergab natürlicherweise eine vollständigere Darstellung der in U. S. A. gebräuchlichen praktischen Methoden gegenüber jenen von anderen Ländern. Diesem Fehler konnte der Autor nicht abhelfen, es möge dies aber von den Lesern entschuldigt werden und insbesondere, daß der Verhältnisse halber dieses Land in den Vordergrund der Reifenentwicklung gestellt wurde.

<sup>1</sup> Übersetzt und bearbeitet sowie ergänzt von Komm.-Rat Direktor Ing. Leo Herzl, Traiskirchen, N.-Ö.



# I. Fahrradreifen

## Geschichtliches

Die Idee, Fahrzeuge mit zwei oder mehr Rädern durch den Fahrer vorwärtszubewegen, findet sich in den Tiefreliefs in Ägypten und Babylon und in den Fresken von Pompeji.

Solche in späterer Zeit hergestellte Fahrzeuge sind jene von de Sivoe 1690, von Blanchard und Magurier 1779 und von v. Sauerbronn 1817. Das »dandy horse« oder »hobby horse« von Dennis Johnson im Jahre 1818 und der »bones hoker« von Pierre Lallement 1865 waren die Vorläufer des »safety« bicycle von Stanley 1865. Das »safety« bicycle entwickelte sich schließlich zum heutigen Fahrrad, velocipede oder bicycle genannt.

Einige Zeit nach v. Sauerbronn's velocipede »draisine« vom Jahre 1817, wurde diese Fahrzeugtype mit Holzrädern und Eisenreifen ausgestattet. Gummireifen erschienen 1868 an dem volkstümlichen »bones hoker«.

Diese erste Anwendung von Gummi an dem Fahrrad war ein ganz flacher, zwei Zoll breiter Vollgummireifen. Thomas Sparrow führte das gummibereitete Fahrrad im englischen Handel 1870 ein. Auf einer 1000-Meilenreise mit dem Fahrrad durch England hatte er beobachtet, daß Gummireifen auf schmutzigen Straßen rutschen.

Diese Beobachtung führte zum Gebrauch von Lederlaufflächen und sogar zu geriefen Laufflächen (der Beginn des Gleitschutzdessins).

Als größtes Problem stellte sich die Notwendigkeit dar, einen entsprechenden Weg zu finden, die Reifen auf dem Rad festzuhalten. Während des Zeitraumes von 1880 bis 1885 wurden Patente erteilt, die die Wege zeigen, um Gummireifen auf den Rädern zu befestigen.

A. P. 235 552 von 1880 und 310 862 von 1885 (Abb. 231 und 232).



Abb. 231. A. P. 235 552



Abb. 232. A. P. 310 862

Im Jahre 1881 wurde der »unzerstörbare« Reifen erfunden, der an der Felge aufvulkanisiert war. Da das ganze Rad aber bei Reparaturen in die Fabrik gesandt werden mußte, war dieser Reifen nicht sehr beliebt.

Um übermäßige Erschütterungen zu vermeiden, wurden die Reifen innen hohl oder mit porösem oder Schwammgummikern ausgeführt.

Macintosh & Co. waren im Jahre 1884 wahrscheinlich die ersten, die diese Reifentype brachten. Vorbildliche Beispiele waren die A. P. 453 520 vom Jahre 1891 und 467 245 von 1892 (Abb. 233 und 234).

Die große Veränderung in Fahrradreifen kam mit der Erfindung des pneumatischen Reifens von John Boyd Dunlop, eines Tierarztes in Belfast; dieser Idee war R. W. Thomson im Jahre 1845 mit dem E. P. 10 990 zuvorgekommen. Thomsons »elastischer Gürtel« »elastic belt« (imprägnierte Leinwand mit Gummizwischenlagen) war zu dieser Zeit in dem »London Mechanic's Magazine« erwähnt.



Abb. 233. A. P. 453 520

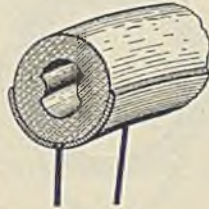


Abb. 234. A. P. 467 245

Thomson hatte seinen »elastic belt«-Reifen in Frankreich und in den Vereinigten Staaten patentiert, A. P. 5104 vom Jahre 1847 (Abbildung 235).

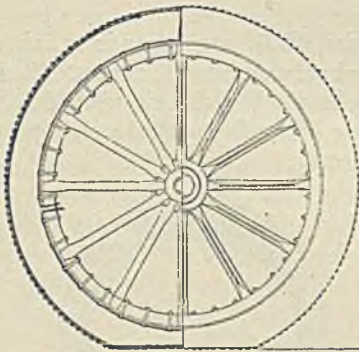


Abb. 235. Thomsons Reifen

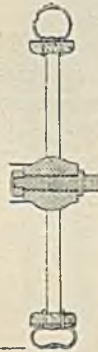


Abb. 236. A. P. 523 210

Die Dunlopreifen waren an den Rädern eines Dreirades mit Stoffbändern angebunden. E. P. 10 607 von 1888, E. P. 4119 von 1889, A. P. 11 153 von 1890, A. P. 435 995 von 1890, A. P. 523 270 vom 1894 (Abbildung 236). Dann folgten unmittelbar Vorschläge zur Befestigung des Luftreifens auf dem Rade, von denen die Patente von Charles Kingston Welch, A. T. Brown und G. F. Stillman die wichtigsten waren.

Das englische Welchpatent 14 563 von 1890 und das A. P. 522 138 von 1894 beschreiben einen Luftschlauch aus Gummi (der erste Nachweis eines Luftbehälters aus Gummi für einen Innenschlauch) und eine Decke aus Gummi und Stoff, in deren Rändern Drähte so befestigt sind, daß sie einen vollständigen Kreis bilden (der erste Nachweis von Drahtwulsten) und in einer rinnenförmig geformten Eisenfelge liegen (Ab-



bildung 237). Diese Felge wurde als »Dunlop-Welch Hollow Center Rim« bekannt, sie war die erste abnehmbare Pneumatikfelge. Die Mitte der Felge war tiefer als die Ränder des Drahtes, so daß das Auf- und Abmontieren der Reifen erleichtert wurde.



Abb. 237. A. P. 522 138



Abb. 238. A. P. 612 981

Ein späteres Patent von C. K. Welch, A. P. 612 981 von 1898, brachte einen Drahtseilreifen, der wie der Dunlop-Rennreifen nur mit einer Lauffläche versehen war, ohne daß das Gewebe seitlich mit Gummi bedeckt war (Abb. 238).

Das Stillman-Patent, A. P. 488 494 von 1892, war grundsätzlich dasselbe wie das Welch-Patent, erschien aber unabhängig davon. Die neugegründete Dunlop Co. erwarb sowohl die Welch- als auch die Stillman-Patente (Abb. 239 und 240) und war dadurch imstande, das gesamte Pneumatik-Reifengebiet zu monopolisieren.



Abb. 239. A. P. 488 494

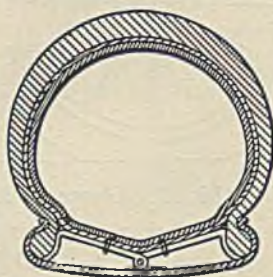


Abb. 240. A. P. 495 277.  
G. F. Stillman. 1893

Ein Welch-Patent, A. P. 564 808 von 1896, war eine verbesserte, mit Drahtseil versehene Reifentype auf einer »hollow center«-Felge.

Das A. P. 549 611 von 1895 von J. B. Rathbun war eine verbesserte »hollow center«-Felge (Abb. 241). Diese Felgentypen waren der Anfang zu unseren heutigen »well base«- oder »drop center«-Autofelgen, Tiefbettfelgen genannt.

Das A. P. 501 290 von 1893 von J. G. Mooney war grundsätzlich dasselbe wie der Welch-Reifen, nur wurden in die verstärkten Enden des Reifens dünne Ketten statt Draht eingezogen.

Zu gleicher Zeit als Stillman und Welch ihren abnehmbaren Seilreifen erfanden, kamen die Erfindungen von William Erskine

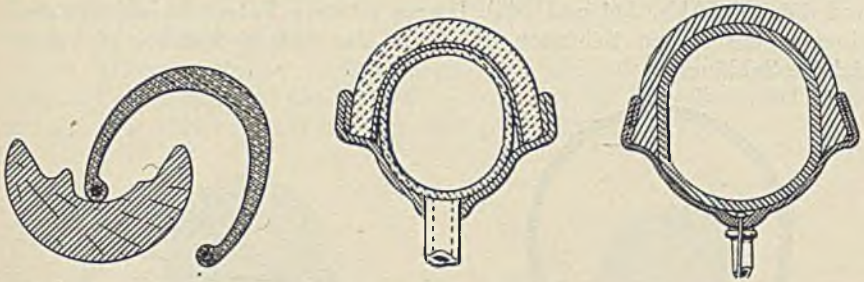


Abb. 241. Rathbun's Felge

Abb. 242. A. P. 448 793

Abb. 243. A. P. 466 532

Bartlett und Thomas B. Jeffery über die abnehmbare »Clincher«-Reifentype. Die Bartlett-Reifentype war keine wirkliche »Clincher«-Type, da ebenfalls der Luftdruck den Reifen am Rand festhalten mußte, ebenso wie bei der Drahtseiltype in Verbindung mit der »hollow center«-Felge. Bartletts Patente in England waren 11 900 vom Jahre 1889, 16 348 von 1890, 16 783 von 1890, und die A. P. 448 793 von 1891 und 466 532 von 1892 (Abb. 242 und 243).

Die Felge, die mit dem Bartlettreifen verwendet wurde, war bald als »Bartlett«-Felge bekannt. Die neugebildete Dunlop Company erwarb die Bartlettpatente, aber die North British Rubber Company behielt die Verkaufsrechte.

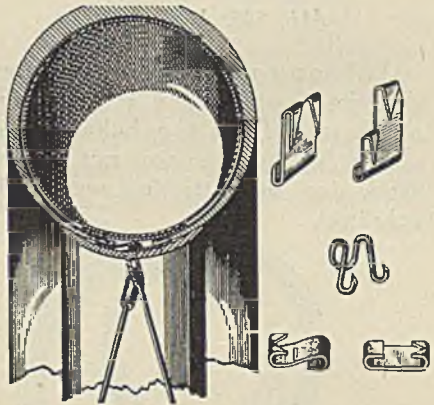


Abb. 244. A. P. 466 565

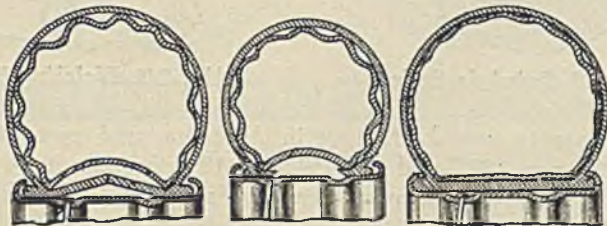


Abb. 245. A. P. 466 789

Mit der Entwicklung des Bartlettreifens wurden die Ränder der Felge so ausgebildet, daß die Reifen mehr einem »Clincher«-Reifen ähnlich wurden. Die North British Rubber Company war bahnbrechend für die »Clincher«-Felge in England.



In den Jahren 1891 und 1892 patentierte Thomas B. Jeffery verschiedene Befestigungstypen in den Vereinigten Staaten: 434 115, 466 565 und 466 789 (Abb. 244 und 245). Dieses letztere Patent beschreibt auch einen stichsicheren Schlauch als eines der ersten Patente für stichsichere Schläuche.

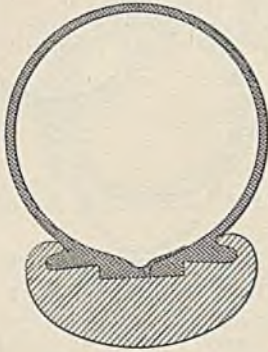


Abb. 246. A. P. 551 035

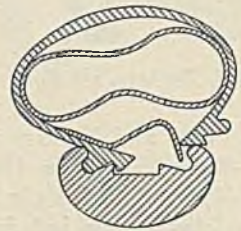


Abb. 247. A. P. 615 454

Jeffery verwendete seine Reifentype an dem »Rambler«-Fahrrad, das die Gormully & Jeffery Mfg. Co. herstellte, die später als G. & J. Tire Co. bekannt wurde.

Der Jefferyreifen war mit Rücksicht auf die Bartlettpatente auf England, der Bartlettreifen wegen der Jefferypatente auf Amerika beschränkt.



Abb. 248. Quimby's Reifen

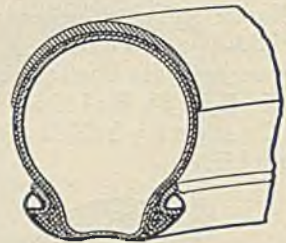


Abb. 249. Welch's Clincher

Spätere Patente von Jeffery in Amerika, und zwar 523 282 von 1894, 551 035 von 1895 und 615 454 von 1898 hatten die wesentlichen Merkmale des heutigen Doppel-Clincher-Fahrradreifens (Abb. 246 und 247).

Eine ganz ähnliche »Doppel-Clincher«-Reifentype wurde E. E. Quimby mit A. P. 575 783 von 1897 patentiert, die sich vom Jefferypatent 615 454 nur durch die anders geformten Vertiefungen in der Felge unterscheidet (Abb. 248).

Ein einfacher »Clincher«-Reifen wurde mit dem A. P. 612 981 von 1898 für C. K. Welch bekannt (Abb. 249).

Amerika kehrte dagegen zum Schlauchreifen »Hose Pipe Tire« zurück, patentiert für P a r d e n W. T i l l i n g h a s t im Jahre 1893, ähnlich dem R. W. T h o m s o n s »elastic belt«, der wirklich der Typus eines Schlauchreifens war.

Der Tillinghastreifen bezieht sich hauptsächlich auf verschiedene Schlauchreifenpatente von A. W. T h o m a s in Amerika, und zwar 399 356 von 1889 und 399 357 von 1889 (Abb. 250 und 251).

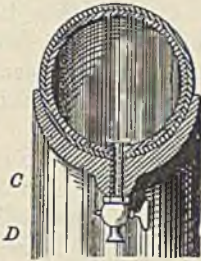


Abb. 250. A. P. 399 356



Abb. 251. A. P. 399 357

Über den Unterschied zwischen dem Thomas- und dem Tillinghastreifen berichtet das Tillinghastpatent 497 971 von 1893 wie folgt:

»Die Luftreifen wurden früher mit einem innenliegenden Luftschauch konstruiert. Dieser Schlauch wurde mit einer Stoffhülle versehen und auf diese eine bereits vulkanisierte Gummischicht aufgeklebt. Solche Reifen wurden leicht unbrauchbar, sowohl durch die Reibung und Ab-

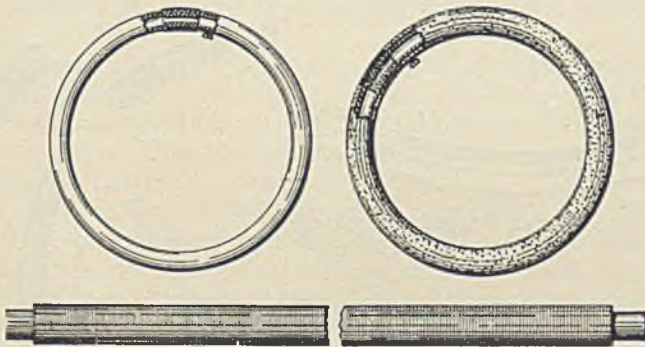


Abb. 252. Tillinghast's Schlauchreifen

nutzung der einzelnen miteinander verbundenen Teile, als auch deshalb, weil die zusammengeklebten Teile sich unter der Spannung lösten, die die konstante Bewegung des Reifens bei der Lauffläche verursachte.

Es ist Gegenstand meiner Erfindung, einen Reifen zu schaffen, der frei von innerer Reibung ist und der keine Verbindungen oder Teile hat, die zusammengeklebt oder auf andere Weise nach der Vulkanisation verbunden sind.«



Dieser Schlauchreifen (Abb. 252) wurde durch Oberst Albert Pope an dem Columbia-Fahrrad eingeführt und wurde bald die Standardtype des Fahrradreifens für Amerika.

Eine ganz ähnliche Erfindung (kein Patent) wurde in England von Boothrayd herausgebracht.

Der Schlauchreifen wurde in Amerika in ausgedehntem Maße sowohl an Sulkys (einsitzige Wagen) und leichtem Fuhrwerk, als auch an Fahrrädern verwendet.

Ein späteres A. P. 663 633 von F. H. Mason vom Jahre 1900 war im wesentlichen ein Reifen, ähnlich dem von Tillinghast, jedoch waren die einzelnen Teile desselben alle separat vulkanisiert. Diese Erfindung ermöglichte es, jeden einzelnen Teil des Reifens sorgfältig auf Fehler zu prüfen, was mit dem Tillinghastreifen unmöglich war.

Die nächste wichtigste Erfindung war jene von John Fullerton Palmer, die sich auf das »all warp« (nur Kette) oder »no weft« (kein



Abb. 253. Palmer Cord

Schuß) Gewebe bezog. Zur Herstellung dieses Gewebes wurden die einzelnen Fäden parallel auf eine dünne Lage Gummimischung gelegt und so breite Bänder gebildet.

Diese Bänder wurden dann in

schmale Streifen zerschnitten und diese auf einem Rohr spiralförmig aufgewickelt. Eine zweite Lage wurde ebenfalls spiralförmig aber in entgegengesetzter Richtung aufgezogen. Die beiden Lagen paralleler Fäden kreuzten einander unter einem solchen Winkel, daß sie im fertigen Reifen tangen-

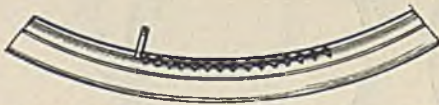


Abb. 254. Verschnürter Doppelschlauchreifen



Abb. 256. Mandrel Removal

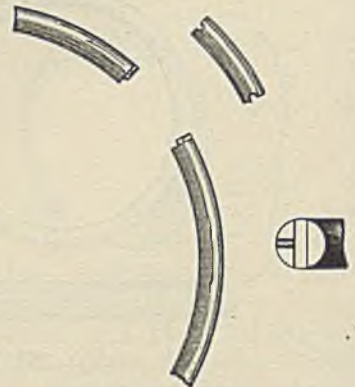


Abb. 255. Schlauchdorn von Morgan & Wright

tial zur Felge und fast in der Zuglinie liegen (Abb. 253). A. P. 489 714 von 1893. Thomas B. Jeffery von der G. & J. Tire Co. verwendete diese Konstruktionsmethode zuerst. Der erste Cordreifen, der nach dem Prinzip von John F. Palmer hergestellt wurde, war auf der Reifenausstellung in Philadelphia im Jahre 1893 ausgestellt.

Im selben Jahre brachte Tillinghast seinen Schlauchreifen, Morgan und Wright den »Laced double tube tire«, A. P. 490 035 und 496 789 von 1893 (Abb. 254 bis 256).

Dieser in sich geschlossene Reifen wurde als endloser ringförmiger Schlauch, ohne Naht, auf einen runden Dorn aufgebaut, der einen beweglichen Sektor hatte. Nachdem der Reifen vulkanisiert war, wurde er längs des inneren Umfanges an der Stelle des beweglichen Sektors aufgeschnitten und dort der Dorn ausgenommen. In jeden Rand des Längsschnittes wurde für den Ventilschaft ein halbrundes Loch gestanzt. Der Längsschnitt war für das Einlegen und Ausnehmen des Luftschlauches



Abb. 257. „Butt-End“ Schlauch eingelegt    Abb. 258. „Butt-End“ Schlauch

nötig. Nach dem Einlegen des Luftschlauches wurde die Öffnung durch Verschnüren geschlossen, so daß der Reifen das Aussehen eines Schlauchreifens hatte. Für diesen »Laced double tube«-Reifen (verschnürter Doppelschlauchreifen) konnte ein ringförmiger Luftschlauch nicht verwendet werden. Dies führte zu dem »butt end«-Schlauch (geteilter Schlauch), der von Morgan und Wright mit A. P. 502 048 von 1893 für den Schlauch im »laced double«-Reifen patentiert wurde (Abb. 257 und 258).

Für die ersten »1-Lagen«-Luftreifen wurde Leinenfaser verwendet, und als dies fehlschlug, Baumwolle statt Leinen; die Webart der Faser wurde aber nicht geändert. Man glaubte, daß Flachs gegen Hitze nicht so widerstandsfähig sei wie Baumwolle. Die Amerikaner waren die ersten, die Baumwolle für Luftreifen verwendeten.

Zuerst wurde Sea-Island-Baumwolle verwendet, eine lange, feine, weiße Faser, die reich an natürlichem Wachs war. Als aber der Luftreifen so rasche Erfolge hatte, mußten andere Gebiete für Baumwolle gefunden werden. Ägyptische, Peeler- und Arizona-Baumwolle wurde in ausgedehntem Maße für das Gewebe der Luftreifen verwendet. Ramie, Seide und Haar wurde gleichfalls in geringem Ausmaße verwendet, Seide insbesondere in England für Rennreifen. Auch feiner Draht wurde versucht. Fast alle Sorten und Arten von Geweben wurden durch die Fahrradreifenerzeuger versucht. Der Schlauchreifen führte zur Entwicklung des dehnbaren Gewebes, da die Reifen auf den Felgen nur durch ihre Spannung gehalten wurden. Bei allen Doppelschlauchreifen, ausgenommen den »laced«-Reifen, geschah das Festhalten des Reifens an der Felge durch den Reifen selbst, während der Schlauchreifen und der »laced«-Reifen durch eigene Spannung gehalten werden. Das dehnbare Gewebe, insbesondere mit Längsdehnung, wurde diagonal in den Reifen gelegt.



Wenn der Reifen aufgepumpt wurde, verkürzte sich der Innendurchmesser desselben durch das Aufblasen der Seitenwände, so daß er sich fest an die Felge anlegte. Es war tatsächlich diese Entwicklung, durch die der »hose pipe«-(Schlauch-)Reifen seinen Erfolg erzielte.

In dieser Zeit trat eine Änderung in der Konstruktion der Bicyclerräder ein. Das erste Bicyclerrad hatte Drahtspeichen radial zur Felge, wodurch eine verdrehende Bewegung um die Nabe entstand. Diese Radtype wirkte auch auf die Reifen ungünstig, und daher wurden die Speichen tangential verlegt.

Typische Beispiele für diese Konstruktionen waren das A. P. 548 745 vom Jahre 1895 (Abb. 259 und 260) (acht schraubenartige Vorsprünge

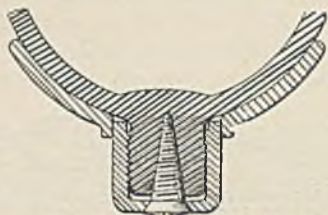


Abb. 259. A. P. 548 745



Abb. 260. A. P. 548 745

reichten durch die Felge und waren mit Muttern an derselben befestigt), das A. P. 623 278 von 1899 (kleine Queröffnungen, abschnittsweise am inneren Umfange des Reifens angebracht, ermöglichten die Dehnbarkeit beim Montieren und so den Gebrauch eines breiteren Felgenflansches, wodurch eine größere Oberflächenberührung zwischen Reifen und Felge resultierte), und ferner A. P. 1 457 287 von 1922 (geflochtener Draht war in jenen Teil des Reifens eingebaut, der gewöhnlich die Vertiefung der Felge ausfüllte). Es wurde auch mit Erfolg versucht, die Drahtspeichen in die Vertiefung des Rades vorstehen zu lassen und derart mit dem in den Reifen eingebauten Draht zu verbinden. Diese Konstruktionstypen verhinderte auch das Wandern des Reifens auf der Felge, eine bekannte Schwierigkeit bei Schlauchreifen, wodurch das Ventil des Reifens beschädigt wurde.

Der Hartfordreifen (Tillinghastreifen) wurde der Triumph für Amerika. Der Schlauchreifen war entschieden amerikanisch, während die europäischen Länder in der Erzeugung der Reifen mit größerem Querschnitt, und zwar in Seilreifen- oder Wulstreifentype, fortfuhren. Die Tillinghast-Tire Association kontrollierte die ganze Schlauchreifenerzeugung. Der in Europa eingeführte Schlauchreifen hatte eine kurze Lebensdauer, weil die Europäer die Reparaturen dieser Reifen nicht durchführen konnten. Der »double tube«-Reifen wurde leicht repariert und benötigte gewöhnlich viele Reparaturen wegen der mit dornigen Hecken eingezäunten Straßen Englands. In Frankreich war der Schlauchreifen ein Fehlschlag wegen der Schwierigkeit der Reparatur und des großen Einflusses der Dunlop Company und dem Anwachsen Michelins. Die Folge davon ist, daß die Drahtseil-Reifentype in Frankreich noch sehr verbreitet ist. Das deutsche Reifengeschäft

war unter englischem Einfluß. Obgleich die deutschen Rennreifen nach dem Schlauchreifensystem erzeugt wurden, waren sie für den Straßengebrauch kostspielig und unzweckmäßig. Die Franzosen verwendeten ebenfalls eine Schlauchreifentype für Rennzwecke, konnten aber die Karkasse für Schlauchreparaturen durch Abwickeln entfernen. Der Schlauchreifen wurde in England als schlauchloser Reifen bekannt.

Der Dunlopreifen war der »Standard«-Reifen in Frankreich, da *Darraq* und *Clement* sich einigten, nur Dunlopreifen zu gebrauchen. *Michelin* zog den Clincher-(Wulst-)Reifen dem Drahtseilreifen vor.

Interessante Gleitschutzdessins für die Laufflächen wurden frühzeitig verwendet, um das Gleiten auf schlüpfrigen Straßen zu verhindern und um das Anzugsmoment zu erhöhen. Das Gleiten wurde hauptsächlich bei



Abb. 261. A. P. 646 473



Abb. 262. A. P. 589 939

Verwendung von Vollgummireifen bemerkt, deshalb wurden hierbei zuerst geriffelte Laufflächen verwendet. Typische Merkmale der ersten Gleitschutzreifen zeigten das A. P. 544 688 von 1895, bei dem rauhe Fischhäute verwendet wurden, um das Gleiten zu verhindern, und das A. P. 646 473 von 1900, bei dem in einer ringförmigen Vertiefung der Laufflächenoberfläche ein bewegliches Band eingelegt war, das mit metallischen Ösen befestigt war (Abb. 261).

Eines der ersten Laufflächendessins war jenes mit Querrippen, um das Anzugsmoment und die Adhäsion der Oberfläche zu erhöhen, und zwar A. P. 589 939 vom Jahre 1897 (Abb. 262).

Es wurde beobachtet, daß Leder weniger Gleiten auf nassen Straßen verursachte, und demzufolge wurde Leder für Luftreifen verwendet. Das A. P. 568 564 von 1896 war ein typischer Ledergleitschutzreifen. A. P. 609 320 von 1898 war eine eisenarmierte Lederlauffläche.

Die Ventile, die in den Pneumatiks gebraucht wurden, waren im äußeren Ansehen sehr wenig verschieden von dem Originalventil, das *Thomson* in seinem »elastic belt« vom Jahre 1845 verwendete. Das Fahrradventil entwickelte sich aus der älteren Type des Luftkissenventiles. Die meisten der ersten Versuche für diese Ventile kamen von Deutschland.

Das Dunlopventil, A. P. 455 899 von 1891, war das erste Fahrradventil, das in großem Maße gebraucht wurde (Abb. 263). Frühere Ventile für Hohlkörper waren jene von *L. Picot*, A. P. 64 564 von 1867, und *H. A. Alden*, A. P. 79 535 von 1868.



Einige Jahre später kam das Ballventil von E. F. Pickett, A. P. 586 534 von 1897, und ein verbessertes Federkolbenventil von G. H. J. Schrader, A. P. 607 526 von 1898, und das Ventil von H. A. Wood, A. P. 619 526 von 1899.

Eine spätere Verbesserung des Woodschen Ventiles war das A. P. 670 601 von 1901, das mit Ausnahme von Amerika die Standardtype wurde (Abb. 264). Das Schraderventil, A. P. 724 128 von 1903, war das erste Ventil, das ähnlich unserer heutigen Ventiltypen mit Federkolben ausgestattet war.



Abb. 263. A. P. 455 899

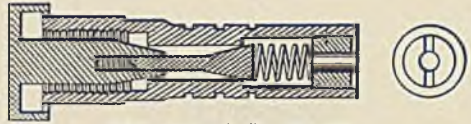


Abb. 264. A. P. 670 601

Das Schraderventil wurde in ganz Amerika für Fahrradreifen verwendet und ist noch die Standard-Ventiltypen, während in anderen Weltteilen das Woodventil benutzt wurde. Um das amerikanische Standard-Kolbenventil am europäischen Markt einzuführen, wurde dasselbe mit Ventilcappe und Pumpenschluß geliefert.

Das Pickettventil (ganz aus Gummi) wurde in den Reifen eingebaut. Auch verschiedene andere Ventile dieser Art wurden erfunden, um den Mangel des Ventilaufbaues in bezug auf das Wandern des Reifens an der Felge zu überwinden. Hierfür erfand die Clark Cycle Co. einen ventillosen Reifen, der durch eine Luftpumpe aufgepumpt wurde. Eine sich von selbst schließende Teigmasse verschloß das Loch, wenn die Nadel herausgezogen wurde.

Die Borne Tire Valve Co. erzeugte ein Ventil, bei dem eine kleine Gummikugel statt eines Kolbens verwendet wurde. Diese Type benutzte ausschließlich den Rückdruck zum Schließen. Die »all rubber«-Ventile (ganz aus Gummi) von Wood waren ebenfalls Rückdruckventile. Die zum Aufpumpen der Reifen verwendete Pumpentypen war eine gewöhnliche Handpumpe, bestehend aus einem Zylinder und einem Kolben.

Die Beliebtheit des Fahrradreifens nahm wegen der Leichtigkeit der Fortbewegung sehr rasch zu. Dies wurde ganz einwandfrei festgestellt, als die Irish Bicycle-Rennmannschaft, ausgerüstet mit Pneumatikreifen, die englische Mannschaft schlug, deren Räder mit Vollgummireifen bereift waren und als im Jahre 1891 die Rennfahrer in einem Handicap der Liga der amerikanischen Rennfahrer »Balloon Tires« (Ballonreifen) verwendeten. Das Rennen Nancy Hanks in einem »Bike sulky« (Bicycle Sulky) zeigte den Amerikanern die Vorzüge der Pneumatikreifen.

Der erste Fahrradreifen wurde in Amerika durch die New York Belting und Packing Company hergestellt.

Der erste Motorradreifen und selbst der erste Automobilreifen waren bloß Fahrradreifen mit großem Querschnitt. Fahrradreifen und Motorradreifen wurden an Luftfahrzeugen verwendet.

## Die Erzeugung von Fahrradreifen

Heute werden hauptsächlich zwei Fahrradreifentypen in der ganzen Welt erzeugt, und zwar der »hose pipe«-Reifen (Einzelschlauchreifen und der »double tube«-Reifen (Doppelschlauchreifen). Letzterer in Drahtseil- oder Clincher-(Wulst-)type, sowohl einfach als doppelt verankert.

Gummi wurde für den Pneumatik wegen seiner Elastizität verwendet, und zwar als Luftbehälter und um das Gewebe vor Feuchtigkeit zu schützen. Gewebe wurde verwendet, um dem Reifen bestimmte Form und Festigkeit zu geben und um das Ausdehnen und Platzen des Gummis zu verhindern. Für das Gewebe wurde hauptsächlich Baumwolle verwendet.

### Die gewöhnliche Erzeugungsmethode der Drahtseilreifen

Die Reifen werden auf einer zusammenklappbaren Trommel erzeugt, die auf einer Achse montiert ist. Das schrägggeschnittene Gewebe wird als Band aufgerollt, so daß sich die Fäden in einem bestimmten Winkel kreuzen. Aus dieser zusammengesetzten Bandrolle wird nun ein endloses Band auf die klappbare Trommel aufgewickelt. Die Lage der Wulste wird durch einen Stichel markiert, der in eine Vertiefung der rotierenden Trommel drückt. Die Wulst, die aus einem endlosen Draht-ring besteht, wird zuerst auf einem Stahlring auf das richtige Maß geprüft und dann auf die Trommel aufgezogen. Das Gewebe wird nun bei rotierender Trommel mittels Stichel um den Draht umgeschlagen.

Die letzte Lage, die über die Wulst geschlagen wird, ist gewöhnlich um  $\frac{1}{8}$ " breiter, so daß sie die zweite Lage über dem Draht voll verdeckt. Die Trommel wird zusammengeklappt, der Reifen abgezogen, genau besichtigt und auf einer Nähmaschine die Wulste abgesteppt. Der nun mit Wulst versehene Reifen wird umgedreht; auf einer Laufflächen-Aufbügelmaschine wird die Lauffläche aufgelegt, nachdem die Karkasse mit Benzin abgewaschen wurde. Mittels eines Anpreßwerkzeuges wird die Lauffläche auf dieser Maschine angedrückt. Die seitlichen Gummipplatten werden auf dieselbe Art aufgelegt. Der Reifen wird dann umgedreht, daß die Lauffläche nach innen kommt, gut mit Federweiß eingestaubt und auf die Heitztrommel gesteckt. Dann wird der Reifen eingewickelt<sup>2</sup> und auf einen Heizwagen gestellt, wo er für die bestimmte Heizung bereit ist. Nach der Heizung wird der Reifen ausgewickelt, revidiert, auf einen

<sup>2</sup> Hierfür wird Draht oder Stoff, und zwar trocken oder naß verwendet. Die hierfür gewöhnlich verwendete Maschine besteht aus zwei Einheiten, derart, daß die Drähte oder Stoffstreifen vom geheizten Reifen abgewickelt und gleich zum Einwickeln eines unvulkanisierten Reifens verwendet werden.



entsprechend geformten Ring aufgezogen, nochmals geheizt<sup>3</sup>, dann gereinigt und einer letzten Prüfung unterzogen.

Eine ältere Maschine für das Anbringen der Wulstdrähte bei Drahtseilreifen war die »Eccles Sidewire«-Maschine.

**Gebäuchliche Herstellungsweise von Clincher- (Wulst-) Reifen,  
sowohl für Schlauchreifen als auch für Doppelschlauchreifen  
(Decke und Schlauch)**

Clincherreifen werden entweder als Ringreifen oder nach der Trommelmethode hergestellt. Cordel, Gewebe, Draht oder hartes

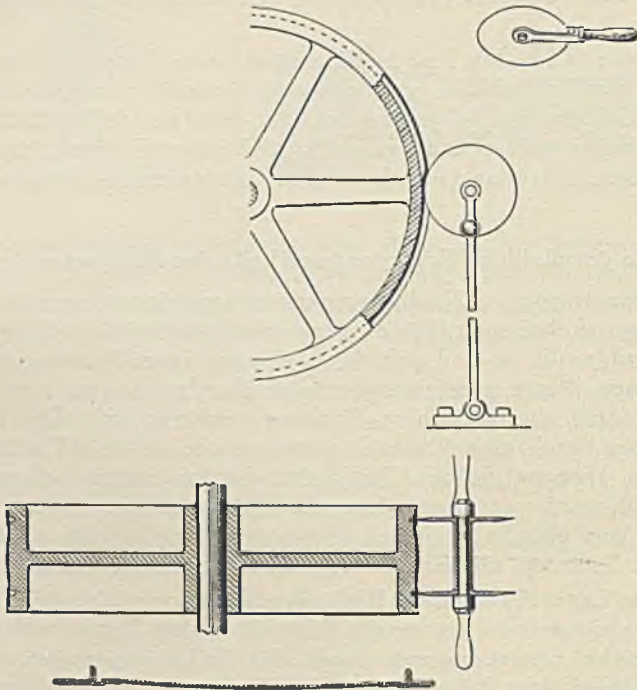


Abb. 265. Jefferys Trommel zur Erzeugung und für Heizung

Gummimaterial wird für die Wulste verwendet. Doppelschlauchreifen und Schlauchreifen werden nach der gleichen Methode erzeugt. Eine Type einer Trommel für die Erzeugung und zum Vulkanisieren von Clincherreifen zeigt das A. P. 607 245 von T. B. Jeffery von 1898 (Abb. 265).

Bei dieser Reifentype werden die Laufflächen und Seitenwände auf die mit Federweiß gut eingestaubte Trommel aufgelegt und dann die erste schräggeschnittene Stofflage aufgelegt. Dieser Stoffstreifen wird in die Vertiefungen der Trommel entweder mit der Hand oder mechanisch mittels Stichel eingedrückt. In diese Vertiefungen des Gewebes wird das

<sup>3</sup> Die zweite Heizung ist nicht allgemein üblich.

Wulstmaterial eingelegt und sorgfältig niedergebügelt. Dann wird die Stofflage über die Wulst umgeschlagen und fest niedergewalzt. Das Felgenband ist auf einer Seite aufgebaut und überlappt die zurückgeschlagene erste Lage. Es besteht aus zwei oder drei Stoffstreifen aus Kreuzgewebe. Nun wird eine zweite schräggesechnittene Stofflage derart aufgelegt, daß sich die Fäden mit denen der ersten Lage kreuzen und fest an diese angewalzt. Dann wird der Reifen genau so behandelt wie der Drahtseilreifen.

### Der »Split-Laced« double tube Bicycle Tire

Diese Spezialtype wurde fast ausschließlich durch die Morgan & Wright Company hergestellt.

Auf einen hohlen Kernring mit auswechselbarem Segment wurde das schiefgeschnittene Gewebe aufgezo-gen, die Falten geglättet und dann der Reifen vollständig aufgebaut. Dann entweder eingewickelt und in offenem Dampf geheizt oder in einer Form in offenem Dampf oder in der Presse geheizt. Nach der Heizung wurde der Reifen längs des Innendurchmessers an der Stelle des auswechselbaren Kernringsegments<sup>4</sup> aufgeschnitten, der Kernring herausgenommen und in die Ränder der Schnittflächen ein halbrundes Loch für den Ventilschaft des Schlauches gestanzt.

Für diese Reifentype war natürlich ein auf einem Dorn geheizter »butt end« (geteilter) Schlauch notwendig, den sich Morgan und Wright mit A. P. 502 047 von 1893 schützen ließen. Für Clincherreifen wurde dieser Schlauch später fast ausschließlich verwendet.

Nach dem Einlegen des Schlauches und dem Verschnüren des Längsschnittes erhielt man so einen Doppelschlauchreifen mit dem äußeren Ansehen eines Einzel-Schlauchreifens.

Kernring-Clincherreifen werden auf einem runden Ring erzeugt. Nachdem das Gewebe auf dem Ring aufgezo-gen ist, wird das Wulstmaterial, in ringförmigen Formen eingesetzt, an jeder Seite des Kernes angelegt.

Diese Ringe, die die genaue Lage der Wulste bewirken, werden dann entfernt, das Gewebe über die Wulste zurückgeschlagen und mittels Stichel sorgfältig niedergearbeitet. Auf die mit Benzin gereinigte Kar-kasse legt man nun die Lauffläche und die Seitenwände auf. Der Reifen wird jetzt noch eingestaubt und ist für die Heizung fertig.

### Die Herstellung des Schlauchreifens

Die Erzeugung von Schlauchreifen (»hose pipe«-tires) erfolgte zuerst auf geraden Dornen (Abb. 266).

Dabei wurde die innere Gummiauskleidung oder der Luftbehälter des Reifens auf einem geraden Dorn aufgelegt und schräggesechnittenes Kreuzgewebe darübergewickelt. Die gebräuchlichste Maschinentype für diese Aufwicklung war die »Seiberling-Cycle-Tire-Wrapping-Maschine« (Aufwickelmaschine von Seiberling). Die Einlagenzahl war verschieden,

<sup>4</sup> Diese Stelle wurde vor der Heizung kenntlich gemacht.



die gewöhnliche Anzahl aber zwei. Die zweite Lage wurde so angelegt, daß sich die Fäden mit denen der ersten Lage kreuzten. Für diese Arbeit hatte man verschiedene interessante Maschinen erfunden, A. P. 575 398 von 1897 und 601 834 von 1898.



Abb. 266. Schlauchreifen

Nach dem Gewebe wurde die Deckplatte aufgelegt und der unvulkanisierte Reifen vom Dorn abgezogen. Dann wurde gewöhnlich ein halb-vulkanisierter Ventillappen in den Reifen eingebaut. Der gerade unvulkanisierte Gummireifen wurde nun zu einem runden Schlauch geformt und die Enden zusammengesetzt. (Spleißen, engl. splices). Hierfür wurden verschiedene Methoden angewendet, bei der gebräuchlichsten war ein kurzes Gummischlauchsegment so in den Schlauch einzusetzen, daß dadurch die Schlauchenden vollkommen zusammenstießen.

Der Zusammensatz wurde ferner durch Umwicklung mit Stoffstreifen verstärkt und dann der Reifen vollständig mit Gummiplatte abgedeckt. Danach erfolgte die Vulkanisation in Formen entweder in offenem Dampf oder in der Presse.

Zur Herstellung von Schlauchreifen wird jetzt ausschließlich das Trommelverfahren verwendet. Eine schräggesehene Lage des Gewebes, meist Kreuzgewebe, wird mit einer kalandrierten Platte der Schlauchmischung belegt, wobei die Enden und Seiten derart vorstehen, daß die notwendigen Zusammenstöße gemacht werden können. Dieses Band wird dann auf eine Trommel gelegt, zu einem endlosen Band zusammengesetzt (Abb. 267), in das ein halbvulkanisierter Ventillappen eingebaut und mit einer Handrolle sorgfältig angerollt wird. Die Zusammensatzenden des Bandes werden mit Benzin gereinigt, nachdem die Innenseite des Schlauches eingestaubt wurde.

Auf das Band wird eine Metall- oder Lederformgurte gelegt (Abb. 268), dann das Band über die Gurte gefaltet und sorgfältig niedergewalzt, und zwar gewöhnlich beim Ventil zuerst. Die Gurte wird dann zum Teil herausgezogen und das Falten des Bandes fortgesetzt (Abb. 269). Die letzte Öffnung, durch die die Gurte entfernt wird, wird von Hand aus überlappt und der ganze Längsspleiß sorgfältig mit dem Stichel niedergearbeitet. Die Größe der verwendeten Gurte bestimmt den inneren Durchmesser des fertigen Reifens. Die Hülle wird nun mit Benzin abgewaschen und ein zweites Band aufgelegt, ähnlich dem ersten, das jedoch die Deckmischung statt der Schlauchmischung auf dem schräggesehnenen Gewebe hat (Abb. 270). Am Rande dieses Bandes wird

ein Loch eingestanzt und über das Ventil der geformten Hülle gezogen, dieses Band rund um den Reifen genau zentriert und die Enden schräg zusammengesetzt. Die Hülle wird nun aufgepumpt und der Reifen gegen

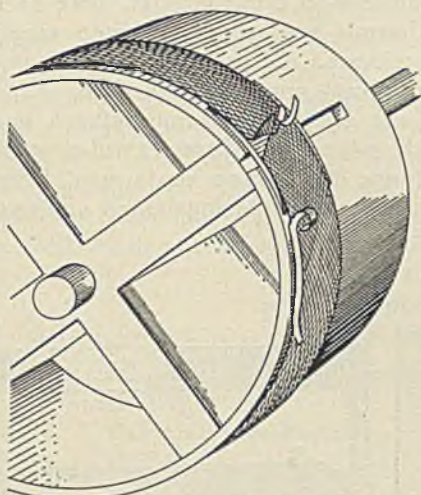


Abb. 267. Trommel zur Erzeugung

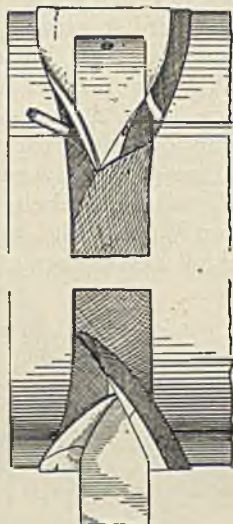


Abb. 268. Formgurte

die Oberfläche der Trommel angerollt, wobei die Hülle, die durch das erste Band gebildet wurde, vollständig mit dem mit der Deckenmischung versehenen zweiten Band umgeben ist (Abb. 271).



Abb. 269. Ausnehmen  
des Formgurtes

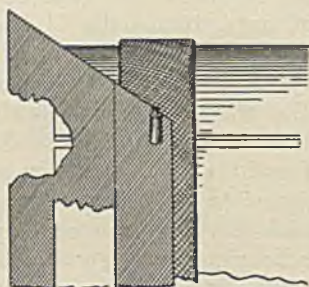


Abb. 270. Zweites Band

Der Reifen wird durch Entfernung des Hilfsmetallventils entlüftet und die Lauffläche und der Flanell aufgezogen. Der Flanellstreifen wird verwendet, um dem Reifen an der Felge besseren Halt zu geben. Der Reifen wird dann mit Federweiß eingestaubt und für die Heizung vorbereitet. Eine gebräuchliche Methode für die Heizung von Fahrradreifen ist, 1 bis



2 ounces (1 ounce = 28.35 g) Ammoniakwasser oder reines Wasser zu verwenden. Manche Erzeuger montieren jeden unvulkanisierten Reifen auf eine Felge und pumpen ihn leicht auf, um den Reifen zu formen und beim Einlegen in die Formen die richtige Zentrierung zu unterstützen. Der Reifen wird in einer Plattenpresse in Form geheizt. Jene Erzeuger, die Ammoniakwasser für die Heizung verwenden, nehmen eine Heiznadel mit geschlossenem Ende, während die anderen eine offene Heiznadel verwenden, die an die Luftleitung angeschlossen wird.

Während des Heizprozesses, der bei hohen Temperaturen vor sich geht, verdampft das Ammoniak oder das Wasser, wobei genügend innerer Druck entwickelt wird, um den Reifen zu formen. Beim Gebrauch von Wasser wird gewöhnlich noch Luft eingepumpt und dann der Luftanschluß geschlossen.

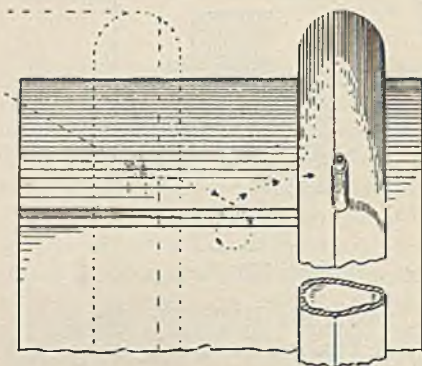


Abb. 271. Niederrollen des zweiten Bandes

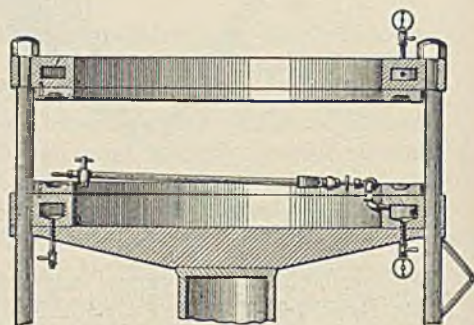


Abb. 272. Doughty-Formpresse

Eine frühere Methode zur Heizung von Schlauchreifen durch Verwendung von Dampf für den Innendruck wurde von H. J. D o u g h t y (A. P. 567 457 von 1896) bei der Doughty-Formpresse angewandt (Abb. 272). Der Dampf unterstützte die Heizung des Reifens von der Innenseite.

Nachdem der Reifen geheizt ist, wird das Gummistoffventil auf eine bestimmte Länge abgeschnitten und das Schraderventil mittels Zwingen befestigt. Der Reifen wird dann aufgepumpt und so 48 Stunden gelagert, um zu prüfen, ob er luftdicht ist. Nach diesem Versuch wird der Reifen untersucht und für die Expedition gereinigt.

Der vorgeheizte Ventillappen wird in einer kleinen Form aus einem kleinen Stück unvulkanisierten Gummi erzeugt. Nach dem Heizen wird er von der Formschiere gereinigt, in Gummilösung getaucht und durch Stoff verstärkt. Nachdem oben und unten je eine unvulkanisierte Gummunterlagsscheibe auf den Ventillappen aufgelegt ist, ist das Ventil für den Einbau in den Reifen fertig.

Die Luftschläuche für die »Doppelschlauch«-Fahrradreifentypen werden nach drei bestimmten Methoden erzeugt:

1. Der gespritzte Schlauch,
2. der überlappte gerollte Schlauch und
3. der Schlauch mit Naht.

Zum Ziehen der Fahrradschläuche wird eine gewöhnliche Schlauchspritzenmaschine benutzt. Dann werden die Schläuche zusammengesetzt und in der Form, meistens aber auf einen Dorn aufgezogen, geheizt. Es wird so entweder ein runder Schlauch oder ein geteilter Schlauch (A. P. 502 047 von 1893) erzeugt. Der überlappte Schlauch wird aus am Kalandergewogenen Gummiplatten hergestellt, die auf einem geraden Dorn mit einer Überlappung für den Stoß aufgerollt werden. Der Schlauch mit Naht wird aus am Kalandergewogenen Gummistreifen hergestellt, deren Ränder verstärkt werden. Dies ist die gebräuchlichste Schlauchtype. Auf der Doughty-Maschine wird eine Gummiplatte in Streifen geschnitten, die, indem sie durch ein Paßstück laufen, einen verstärkten Zusammenstoß bilden. Manche Schläuche, die auf diese Art hergestellt werden, bekommen einen Verstärkungsstreifen über dem Zusammenstoß.<sup>5</sup>

### Schlauchreifenpatente

Im Berichte angeführte und diverse andere amerikanische Patente:

- 399 356. Zwei Schläuche ineinander (Schlauchreifeneffekt). A. W. Thomas, 1889.  
 399 357. Unlösbarer Clincherreifen. A. W. Thomas, 1889.  
 399 358. Auf Felge gewickelter Reifen. A. W. Thomas, 1889.  
 452 876. Stichsichere Einlage in Schlauchreifen. C. H. Gray, 1891.  
 456 771. Geteilter Reifen. J. B. McCune, 1891.  
 458 142. Stoff in der inneren Oberfläche des Gummischlauches. B. Blundstone, 1891.  
 467 015. Stichsicherer Schlauch (gefaltet). I. R. Newkirk, 1892.  
 467 502. Stichsicherer Schlauch. J. W. Gray, 1892.  
 470 070. Starkwandiger stichsicherer Schlauch. G. D. Moffat und R. W. Huß, 1892.  
 472 484. Mittel mit Stoff ausgefüllt. L. D. Phelps, 1892.  
 475 732. Geflochtenes, nahtloses Gewebe. J. Mosely und Blondstone, 1892.  
 476 680. Starkwandiger stichsicherer Schlauch. J. F. Palmer, 1892.  
 477 397. Luftschauch in Schlauchreifen. C. E. Woodward, 1892.  
 477 503. Federn am Reifenumfang. W. I. Bunker, 1892.  
 479 202. Spiralförmig gewickeltes Gewebe am Luftschauch. F. H. Bolte, 1892.  
 481 323. Stichsicherer Schlauch. A. F. Wyman, 1892.  
 489 714. Spezialgewickelter Cord in Gummi eingebettet. J. F. Palmer, 1893.  
 490 827. Mittel für Reifenverbindung. J. P. Lauigne, 1893.  
 491 010. Abgewickelter Schlauch. H. Comstock, 1893.  
 495 777. Stichsicherer Schlauch. P. Bauery, 1893.  
 496 527. Reifen, selbstreparierbar. J. R. Morris, 1893.

#### <sup>5</sup> Literatur

- »Pneumatic Tires«, von H. C. Pearson.  
 »The Reign of Rubber«, von W. C. Geer.  
 »The Encyclopædia Britannica«, Vol. 7, S. 682, 11. Ausgabe.



- 497 830. Getrennte Luftschlauchlagen. L. K. Piggons, 1893.
- 497 971. Erster Schlauchreifen fertig zusammengeheizt. P. W. Tillinghast, 1893.
- 501 716. Erste »laced«-Reifentype (verschnürt). F. W. Hardwick, 1893.
- 505 919. Clincherreifen (Einzel- oder Doppelschlauch). A. A. Long, 1893.
- 509 193. Sticksichere Schläuche (verschiedene ringförmige). C. Carry, 1893.
- 515 134. Sticksicher flache Kette unter Lauffläche eingebaut. D. P. Sims, 1894.
- 524 272. Konzentrische Drahtfedern in Gummi eingebettet. J. D. Beebe, 1894.
- 529 142. Verfahren zum Spleißen von Luftschläuchen. A. B. Shaw, 1894.
- 533 820. Sticksichere Luftschläuche. J. J. Koltzner, 1895.
- 548 745. Verhindern des Wanderns der Felge. R. S. Crawford, 1895.
- 553 566. Schlauchreifen mit ineinandergreifenden Enden. F. H. Perry, 1896.
- 561 904. Vasoline in Innenlage. P. Mercier, 1896.
- 567 457. Bänderzeugung. H. J. Doughty, 1896.
- 568 564. Lederlauffläche. A. Graff, 1896.
- 572 463. Abnehmbare Lauffläche. R. S. Williams, 1896.
- 573 997. Abnehmbare Lauffläche. R. Patterson, 1896.
- 575 586. Abnehmbare Lauffläche. H. Bingham, 1897.
- 580 884. Abnehmbare Lauffläche. J. A. Murphy, 1897.
- 583 681. Innere Laufflächenverstärkung. T. Galvin, 1897.
- 584 115. Schlauchreifen mit offenen Enden, nachträglich zusammengeschlossen. T. B. Jeffery, 1897.
- 585 562. Schlauchreifen (Clinchertype). H. A. Fluess, 1897.
- 587 244. Innere Felgenverstärkung. W. D. Snow, 1897.
- 587 656. Verfahren zur Befestigung des Reifens. W. B. Mann, 1897.
- 588 562. Abnehmbare Lauffläche. J. M. Farmer, 1897.
- 589 939. Gleitschutzlauffläche. G. W. Dorr, 1897.
- 591 456. Gewebter Reifen. R. Cowen, 1897.
- 591 458. Pflastereinlage für Nagelstiche. J. E. Davis, 1897.
- 593 529. Nagelschutz. R. W. O. Rehmenklau, 1897.
- 597 777. Selbstaufpumpender Schlauchreifen. A. J. Lanigau, 1898.
- 598 613. Sticksicherer Schlauch. J. M. Lucas, 1898.
- 601 620. Schwer dehnbare Lauffläche. G. A. Turnbull, 1898.
- 601 834. Maschine zum Einwickeln von auf Dornen erzeugten Reifen. F. W. Huestis, 1898.
- 602 671. Clincher-Schlauchreifen. J. T. French, 1898.
- 602 934. Zwei kreisförmige Metallabschnitte. R. Buchanan, 1898.
- 611 272. Lauffläche mit Pferdehaaren. M. und T. W. Prior, 1898.
- 623 278. Reifen, fest auf Felge zu befestigen. G. H. Clark, 1899.
- 641 735. Haarkarkasse. H. W. Theis, 1900.
- 663 633. Gewickelter geheizter Schlauch. F. H. Mason, 1900.

- 708 954. Röhrenförmige Gewebe. J. W. Bladgett, 1902.  
 1 457 287. Nichtgleitender Reifen. A. K. Trenholme, 1922.

### Clincherpatente

- 11 153. Nachträgliches Patent des ersten Pneumatikreifens. J. B. Dunlop, 1891.  
 11 216. Clincherreifen. W. E. Bartlett, 1891.  
 495 277. Clincherreifen. G. F. Stillman, 1893.  
 496 789. Verschnürter Doppelschlauch. F. W. Morgan und R. Wright, 1893.  
 501 290. Reifen mit Kettenwulst. J. G. Moony, 1893.  
 502 047. Geteilter Luftschlauch. F. W. Morgan und R. Wright, 1893.  
 522 138. Reifen mit Drahtwulst. C. K. Welch, 1894.  
 523 270. Vorteile der Protektoreinlage. J. B. Dunlop und J. B. Dunlop jr., 1894.  
 523 282. Clincherreifen. T. B. Jeffery, 1894.  
 525 475. Clinchertype. E. R. Thatcher, 1894.  
 534 867. Protektoreinlage in Reifen. J. B. Dunlop und J. B. Dunlop jr., 1895.  
 549 611. Eine Clincherfelge. J. B. Rathbun, 1895.  
 551 035. Clincherreifen und -felge. T. B. Jeffery, 1895.  
 558 957. Tiefbettfelge und -reifen. T. B. Jeffery, 1896.  
 564 114. Verstärkte Lauffläche. T. B. Sloper, 1896.  
 564 808. Clincherreifen. C. K. Welch, 1896.  
 575 783. Doppelclincher. E. E. Quimby, 1897.  
 615 454. Derzeitige Clinchertype. T. B. Jeffery, 1898.  
 612 901. Reifen mit einfachen Wulsten. C. K. Welch, 1898.

### Maschinenpatente

- 575 398. Verfahren zur Erzeugung von geraden Schläuchen. F. W. Huestis, 1897.  
 584 289. Runder Schlauch. F. W. Morgan, 1897.  
 598 919. Trommel für Erzeugung. J. B. Forsyth, 1898.  
 607 245. Verfahren zur Erzeugung. J. B. Jeffery, 1898.  
 654 900. Trommel zur Erzeugung. G. Knadler, 1900.  
 615 454. Derzeitige Clincher-Reifentype, siehe Clincher. T. B. Jeffery, 1898.  
 612 981. Reifen mit einfacher Wulst, siehe Clincher. C. K. Welch, 1898.

### Gleitschutzpatente

- 544 688. Fischhaut-Lauffläche. A. Polbrook, 1895.  
 646 473. Gleitschutz. M. E. Stacy, 1900.

### Reparaturpatente

- 596 165. Gummibandreparatur. F. B. Jencks, 1897.  
 818 402. Reparaturpfropfen. D. Apstein, 1906.



**Massivreifenpatente**

- 235 552. Massivreifen. T. W. Morgan, 1880.  
 310 862. Elastischer Reifen. J. Leigh und R. W. H. Mc Dowell, 1885.  
 453 520. Elastischer Radreifen. A. Strauß, 1891.  
 467 245. Clincher-Massivreifen. F. E. Belden, 1892.

**Ventilpatente**

- 64 564. Ventil für Ballonartikel. W. Picot, 1867.  
 79 535. H. A. Alden, 1868.  
 455 899. Luftventil. J. B. Dunlop, 1891.  
 473 673. Rückschlagkolbenventil. G. H. F. Schrader, 1892.  
 481 197. Federkolbenventil. G. H. Roth, 1892.  
 492 580. Feder zum Abschließen des Schlauches. C. E. Hadley, 1893.  
 494 089. Feder am Fuße wirkend. A. M. Shurtleff, 1893.  
 511 394. Feder und Kugel. J. L. Yost, 1893.  
 586 534. Kugelventile. E. F. Pixkett, 1897.  
 607 526. Ähnlich unserem derzeitigen Ventil. G. H. F. Schrader, 1898.  
 619 526. Luftventile. H. A. Wood, 1899.  
 670 601. Federventil. H. A. Wood, 1901.  
 724 128. Unsere derzeitige Ventiltypen. G. H. F. Schrader, 1903.

**II. Die Entwicklung des Automobil-Reifens**

Im Jahre 1895 trat das Automobil zuerst im Handel hervor. In diesem Jahre wurden in Amerika vier Automobile registriert (Seite 473, VII). Im Jahre 1900 stieg diese Anzahl auf 8000, 1905 auf 77 400 und 1910 auf 458 500, während 1930 die Zahl der ganzmotorisch betriebenen Fahrzeuge in Amerika 26 523 779 betrug.

Die erste Reifentype, die an amerikanischen Automobilen verwendet wurde, war der Schlauchreifen, der sich aber für größere Beanspruchungen und größere Belastung bald als ungeeignet erwies. Die nächste Reifentype war der »Clincherreifen« (Wulstreifen). Er erwies sich als so erfolgreich, daß er jahrelang der Standardreifen blieb. Während bei der Automobilausstellung vom Jahre 1900 noch fast alle ausgestellten Modelle entweder mit Vollreifen oder Schlauchreifen versehen waren, verließen während der nächsten zwei Jahre die meisten Fabriken die Schlauchreifentype und erzeugten fast ausschließlich Clincherreifen.

Der französischen Firma *M i c h e l i n & C i e.* wird das Verdienst zugeschrieben, als erste den Pneumatikreifen für das Automobil verwendet zu haben. Es muß insbesondere festgestellt werden, daß der Clincherreifen der Schlauchreifentype als beliebtester Reifen folgte, obgleich die ersten Pneumatikreifentypen praktisch eigentlich das darstellten, was heute der »straight side«-Reifen auf der Tiefbettfelge ist.

Die Schlauchreifen wurden jedoch nicht ganz verlassen und verschiedene Typen jahrelang erzeugt; eine interessante Type ist der Swinehart-Schlauchreifen, eine Kombination zwischen Schlauchreifen und Clincher-

befestigung. Diese Abänderungen waren nicht ganz erfolgreich und die Industrie ging schließlich fast gänzlich auf die Clinchertype über.

Mit der mehr oder weniger allgemeinen Annahme der Clinchertype entwickelten sich verschiedene Methoden zur Befestigung. Der Original-Clincherreifen hatte eine ausdehnbare Wulst, die durch Ausziehen auf die einteilige Felge montiert wurde. Diese Type wurde zwar für entsprechend gehalten, genügte aber besonderen Beanspruchungen nicht. Ein viel früheres Patent von J. P. Kelly (Seite 473, VIII) von 1893 schlug den Gebrauch von aufschraubbaren, abnehmbaren Flanschen vor, um die Wulste des Reifens festzuhalten (Abb. 273).



Abb. 273. J. P. Kelly's  
Methode der Befesti-  
gung. 1893

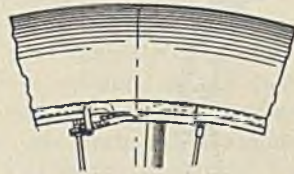


Abb. 274. Rill's Wulstbefestigung

Ein anderes früheres Patent (Seite 473, IX) beschreibt die Verwendung eines zwischen die starken Reifenwulste und der einteiligen Clincherfelge eingelegten Bandes. Noch ein drittes Patent (Seite 473, X) verwendet einen einzelnen starken Draht, der in jede Wulst des Reifens in einem Stück so eingebaut war, daß die Wulste in der vertieften Felge festgehalten wurden und der auf jeder Seite des Reifens so fixiert wurde, daß ein Ende an der Felge befestigt war, während das andere Ende durch die Vertiefungen gezogen wurde (Abb. 274).

Der Clincherreifen hatte verschiedene schwere Fehler. Der erste war, daß Schnittverletzungen durch die Felge auftraten, Defekte, die nicht leicht behoben werden konnten, insbesondere nicht bei größeren Reifendimensionen für größere Geschwindigkeiten und größere Lasten. Ein zweiter Fehler war bei größeren Dimensionen,  $4\frac{1}{2}$ " und darüber vorhanden, da diese Reifen die Verwendung von Befestigungen im Innern erforderten, um die Wulstenden festzuhalten, die sich sonst beim Kurvenfahren leicht abheben und so den Schlauch beschädigen konnten.

Der lange und lästige Prozeß des richtigen Montierens dieser Sicherungen bei großen Clincherreifen ist ein genügender Grund dafür, daß diese Reifen keinesfalls beliebt sind. Die Bemühungen, diese Schwierigkeiten zu überwinden, führten dazu, daß der »straight side«-Reifen wieder verlangt wurde. Das wichtigste eines solchen Reifens ist, daß er nichtdehnbare Drahtwulste besitzt, die ihn an der Felge festhalten und so scharfe Biegungen und Krümmungen vermeidet, wie sie bei der Clincherkonstruktion vorkommen. Dies erfordert entweder abnehmbare Felgenflanschen oder eine quergeteilte Felge, damit der Umfang für das



Montieren des Reifens verkleinert werden kann und dann durch Zurückschnappen in seine ursprüngliche Form der Reifen festgehalten wird (Abb. 275).

Die vorerwähnte Methode wurde die gebräuchlichste, und als die Vorzüge der »straight side«-Reifen gegenüber den Clincherreifen augenscheinlich wurden, vollzog sich der Übergang stufenweise, durch den Gebrauch von ein oder zwei Sätzen Reserveringen oder durch umdrehbare Ringe, bei denen auf ein und derselben Felge jede Reifentype verwendet werden konnte; entweder durch einfaches Wechseln der Ringe oder durch Umdrehen der Flanschen. Die umdrehbare Type war die gebräuch-

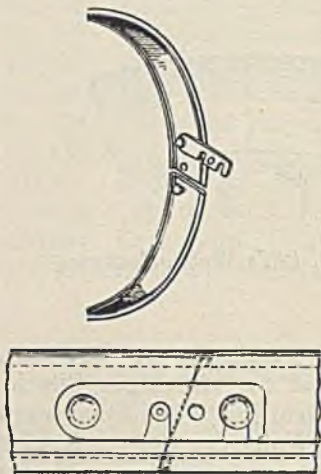


Abb. 275. Geteilte Felge,  
wie sie gewöhnlich für  
Personenkraftwagen  
verwendet wird

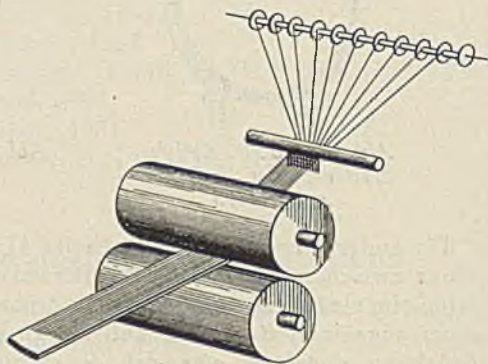


Abb. 276. Palmer's „All Warp“  
Gewebe. 1893

lichste und wurde jahrelang als Universalfelge verwendet. Eine andere Reifentype hatte nichtdehbare Drähte und wirkte wie ein »straight side«-Reifen, war aber in der Wulst wie ein regulärer Clincherreifen ausgebildet und wurde während dieser Übergangszeit einige Zeit hindurch auf der regulären Clincherfelge verwendet. Sie wurde als Q. D.-Clincher bezeichnet. Als jedoch der Clincherreifen außer Gebrauch kam, wurde der »straight side«-Reifen auf der geteilten Felge, wie vorher beschrieben, verwendet.

Die Clincher- und »straight side«-Reifen kamen gegen 1906 wieder allgemein in Verwendung, und die größeren Reifenfabriken sahen sich genötigt, jahrelang beide Typen für Personenwagen zu erzeugen. Als jedoch die im Gebrauch befindlichen Wagen ersetzt wurden und als die Automobilfabrikanten sich für die »straight side«-Reifen entschieden, nahm die Verwendung und die Erzeugung der Clincherreifen von Jahr zu Jahr ab, bis 1925 alle Originalausrüstungen mit »straight side«-Reifen vorgenommen wurden und die kleine Produktion an Clincherreifen nur

für den Ersatz diente. Während dieser Zeit des radikalen Wechsels der Reifentype wurden andere Änderungen von gleicher Wichtigkeit gemacht. Die wichtigste war die Entwicklung des Cordgewebes. Das Verdienst gebührt John Fullerton Palmer (Seite 473, XI), der 1893 das erste Patent für den Gebrauch von »all warp«- (nur Kette) Gewebe in Reifen erhielt. Palmer war ein Amerikaner, aber seine Idee wurde erst verwendet, als sie von England in dem berühmten »Silvertown Cord« 1914 zurückkam. Palmers Gewebe bestand aus dünnen Fäden, die, ohne sich zu berühren, parallel in eine Gummiplatte eingelegt wurden (Abb. 276).

Der Silvertown Cord war die gleiche Idee, ausschließlich für die Verwendung starker Cordfäden, die mit Gummi imprägniert waren. Die aus starken Cordfäden erzeugten Reifen wurden nach dem Zweilagensystem hergestellt und gaben eine viel größere Leistung als ähnliche Kreuzgewebereifen. Vor 1914 wurden nur wenige Reifen unter Verwendung von Cordgewebe für Elektromobile erzeugt, da sie den Kraftverbrauch verringerten, aber schon 1914 wurden sie auch für Benzin-Automobile mit höheren Geschwindigkeiten als brauchbar befunden. Später machte die Verwendung von dünnen Cordfäden und mehr Lagen Fortschritte und die starke Cordfadenkonstruktion wurde allmählich verlassen.

Das Cordgewebe eignete sich nicht besonders zu der damals verwendeten Methode des Heizens des Reifens auf dem Kernring. Bei dieser Methode wurde der rohe Reifen in einer Form geheizt, ohne ihn vom Kernring abzuziehen. Dadurch war dieses Verfahren sehr von der genauen Verteilung des Materiales abhängig und ein bestimmter Überschuß notwendig, um genügend Preßdruck bei der Heizung zu erhalten. Diese Methode genügte für die Erzeugung von Reifen aus Kreuzgewebe, Cordreifen jedoch erforderten entsprechende Dehnung der Cordfäden während der Heizung, um wellige Lage der Cordfäden zu verhindern. Die Cordreifen wurden daher erst sehr erfolgreich, als der »expanding air bag« (ausdehbare Luftschauch) oder »water bag« (Wasserschauch) geschaffen wurde. Nach deren Ausarbeitung bewiesen die Cordreifen ihre Überlegenheit über den Kreuzgewebereifen. Die größere Lebensdauer erklärt sich aus der Möglichkeit, die Kettenfäden besser in Gummi einzubetten, die einzelnen Fäden voneinander zu trennen und vor Feuchtigkeit zu schützen. Kreuzgewebe findet heute bei »straight side«-Reifen nur mehr für die Wulstschutzstreifen, Wulstverstärkungen und Protektoreinlagen zur Verstärkung Verwendung, wo keine besondere Bewegung stattfindet. Trotzdem wurde Kreuzgewebe einige Jahre in größerem Ausmaße für »straight side«-Reifen verwendet und wird noch heute, insbesondere in Europa, für manche Clincherreifen gebraucht. Zu gleicher Zeit wurde Cordgewebe in Clincherreifen in beträchtlichem Ausmaße verwendet und bis zu ihrer gänzlichen Ausschaltung, wenigstens in Amerika, viele Reifen so erzeugt. Weitere Verbesserungen bezogen sich auf die Form des Reifens, die Laufflächenausbildung und Erfindungen von nichtgleitenden Reifen. Im Jahre 1904 brachte die Con-



tinental Caoutchouc Cie. flache oder sogenannte »Raised-tread«-Reifen in Europa. Fast zwei Jahre später wurden sie in Amerika durch die G. & J. and Diamond Companies eingeführt. Bei diesem neuen Dessin wurde der runde Innenquerschnitt des Reifens nicht verändert, aber eine flache Lauffläche durch Gummiaufbau in der Schulterpartie erzielt. Der Erfolg war ein besseres Anzugsmoment, größere Adhäsion auf der Straße und auch besserer Schutz gegen Nageldefekte und Steinschläge. Es war nur ein

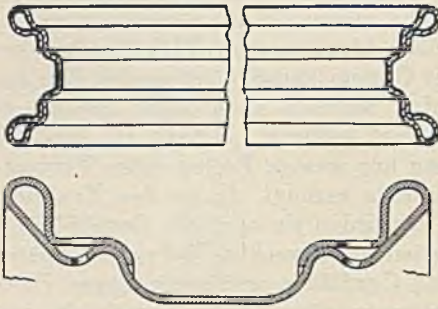


Abb. 277. Beispiele von modernen Tiefbettfelgen

Schritt von dieser Verbesserung bis zum Gebrauch von Gleitschutzdessins, und bald hatte jede Gesellschaft ihr spezielles geschütztes Dessin. Diese Versuche wurden mit kleinen Änderungen fortgesetzt und die einzigen Verbesserungen in den letzten Jahren waren darauf gerichtet, die Lauffläche unter Beibehaltung des Gleitschutzes geräuschlos zu machen. Im Jahre 1918 erschien die Idee der Tiefbettfelge für Auf- und Abmontieren von »straight side«-Reifen.

In den nächsten Jahren wurden Tiefbettfelgen für Personenwagen stark benutzt und verdrängten die allgemein gebrauchte geteilte Felge sehr rasch. Eine Abart der Original-Tiefbettfelgenidee ist derzeit die Michelin-Bibendumfelge in Frankreich. Bei dieser Felge geht die Vertiefung nur über einen Teil des Felgenumfanges, und zwar gerade so weit, daß der Reifen von der Felge abgenommen werden kann, während bei der gewöhnlichen Tiefbettfelge die Vertiefung rund um die Felge reicht (Abbildung 277).

»Straight side«-Reifen sind jetzt tatsächlich die einzige Reifentype, die in Amerika erzeugt wird, und die anderen Länder folgen diesem Beispiel. In früheren Jahren richteten sich die Versuche auf Reduzierung der Felgendurchmesser, auf Verminderung der Einlagen und Erzielung größeren Luftvolumens. Im Jahre 1923 wurde der Ballonreifen eingeführt, der einfach eine Übergröße eines »straight side«-Reifens mit weniger Einlagen darstellt. Er hatte den Vorteil der besseren Kissenwirkung und war ein so deutlicher Fortschritt, daß ihn im Jahre 1925 alle Automobilfabriken in Amerika für die Originalausrüstung verwendeten und daher auch die Umbereifungen allgemein damit vorgenommen wurden.

Im Jahre 1930 wurde dem Publikum eine andere Neuerung in noch größeren Profilen auf kleineren Felgendurchmessern angeboten, der sogenannte »Donut«- oder »Airwheel«-Reifen. Derzeit erfreut sich dieser Reifen großer Beliebtheit und verspricht später allgemein eingeführt zu werden, doch dürfte es bis dorthin wahrscheinlich noch einige Zeit dauern.

## Patente I—XI

- I. Robert William Thomson, E. P. 10 990, 1845; A. P. 5104, 1847.
- II. John Boyd Dunlop, E. P. 10 607, 1888; E. P. 4116, 1889; A. P. 435 995, 1890.
- III. Charles Kingston Welch, E. P. 14 563, 1890.
- IV. A. T. Brown and G. F. Stillmann, A. P. 488 494, 1892.
- V. William Erskine Bartlett, E. P. 16 783, 1890; E. P. 11 900, 1889; E. P. 16 348, 1890; A. P. 448 793, 1891.
- VI. Thomas B. Jeffery, A. P. 434 115, 1891; A. P. 466 565, 1892; A. P. 466 789, 1892.
- VII. National Automobile Chamber of Commerce Bulletin — »Facts and Figures of the Automobile Industry«, 1931.
- VIII. J. P. Kelly, A. P. 504 273, 1893.
- IX. C. M. Lungren, A. P. 482 182, 1892.
- X. C. D. Rice, A. P. 473 408, 1892.
- XI. John Fullerton Palmer, A. P. 493 220, 1893.

## III. Pneumatikreifen

## Die Theorie des Pneumatikreifens

Vom frühesten Beginn der Entwicklung an war ein ständiges Bestreben nach größerem Komfort, größerer Schnelligkeit und Kraftersparnis vorhanden. Als Folge davon wurde 1845 von dem in die Zukunft blickenden Engländer William Thomson der Pneumatikreifen gebracht. Während der nächsten 50 Jahre wurde wenig Arbeit hierfür aufgewendet, bis John Boyd Dunlop (Belfast, Irland) den Pneumatikreifen für Fahrräder erfand.

Der Pneumatikreifen wird als Mittel verwendet, eine mit komprimierter Luft gefüllte Kammer fest zu umschließen. Der Aufbau des Pneumatikreifens zielt in erster Linie darauf ab, eine nicht dehnbare Umhüllung zu schaffen, die dieses Luftbehältnis umfaßt und dem Druck standhält. Seine Konstruktion ist wesentlich verschieden von der Massiv- und Luftkammerreifentype, da er nicht die Fähigkeit hat, Lasten zu tragen oder Stöße aufzunehmen. Diese Funktion erhält er erst durch die eingeschlossene komprimierte Luft. Er wird richtig als »Pneumatik«-Reifen bezeichnet.

Als Mittel zur Verringerung der Schwingungen und Stöße wurde viele Jahre der innere Luftdruck verwendet und wird er auch heute noch bei der neuesten Entwicklung des »Pneumatik«-Reifens angewendet, da andere bessere Mittel noch nicht gefunden sind.

Die allgemeine Fabrikationsrichtung für alle Pneumatikreifen geht heute auf größeren Querschnitt und kleineren Felgendurchmesser. Dies bedeutet eine Vergrößerung des Luftvolumens und gestattet geringeren Luftdruck bei gegebener Tragfähigkeit. Die damit gegebene, längst erwünschte größere Bequemlichkeit und Geschwindigkeit sowie Ersparnis an Kraft bedeutet einen großen Fortschritt für die Pneumatikreifen. Die



hochelastischen Massiv- und Luftkammerreifen wurden bald durch Pneumatiks ersetzt.

### Absorbierung der Stöße

Der Hauptvorteil des Pneumatikreifens ist seine Fähigkeit, die durch Hindernisse auftretenden Stöße zu absorbieren, ohne diese Stöße auf das Fahrzeug zu übertragen. Kleine Hindernisse und Unregelmäßigkeiten der Straßenoberfläche werden durch den Reifen selbst absorbiert, ohne die Radachse zu erreichen. Es ist leicht zu ersehen, welche Wirkung bei Verwendung von Eisenreifen unter gleichen Verhältnissen eintritt. Derselbe muß sich jedenfalls über die Hindernisse abheben, wodurch großes Unbehagen beim Fahren eintritt und großer Kraftaufwand erforderlich ist. Bei Massiv- oder Luftkammerreifen bestimmt die Elastizität des Gummis die Bedingungen des Kraftverlustes, des unbequemen Fahrens usw. Der Pneumatikreifen jedoch passiert das Hindernis ohne Kraftverlust und die unangenehmen Stöße und Schwingungen werden auf ein Minimum reduziert. Infolge der fortlaufenden Verbesserungen ist der Pneumatikreifen von heute der vor zehn Jahren verwendeten Type wesentlich überlegen. Der Hochdruckreifen brachte wesentliche Vorteile gegen den Vollreifen. In ähnlicher Weise war der Ballonreifen mit geringerem Luftdruck eine große Verbesserung gegenüber dem Hochdruckreifen. Bei den heutigen Reifen mit ganz niedrigem Luftdruck werden die Schwingungen und Stöße auf der Straße auf ein absolutes Minimum reduziert. Diese Fortschritte wurden durch Vergrößerung des Reifenquerschnittes erzielt, wodurch der Luftdruck verringert werden konnte, ohne daß die Tragfähigkeit vermindert wurde.

### Kraftersparnis

Die Fähigkeit des Pneumatikreifens Kraft zu sparen, verdankt er hauptsächlich dem Umstande, daß die Kompression der Luft, die durch die Last verursacht wird, sich auf glatten Straßen nicht ändert und auch keine Kraft erfordert. Die Luft wird langsam rundherum leicht zusammengedrückt in dem Maße, als die Bewegung des Gewebes von einem Punkt der Karkasse zum anderen fortschreitet, während in Reifen anderer Art das elastische Material mit den Umdrehungen des Rades fortlaufend zusammengedrückt wird. Dieser Vorteil des Pneumatikreifens ist der gleiche, ob der Luftdruck hoch oder niedrig ist. In allen Fällen, ausgenommen wenn Stöße auftreten, wird nur für die Bewegung des Gewebes Kraft aufgewendet.

Die Grenzen der Biegsamkeit in einem Reifen sind bestimmt:

1. durch die Notwendigkeit, Lasten auf glatten Straßen mit einem Minimum an Abbiegung und einem Minimum an Kraftverbrauch für die Abbiegung zu tragen,
2. durch die Anordnung entsprechender Abmessungen,
3. durch die Forderung, Erhitzung, Abnutzung und vorzeitiges Zugrundegehen des Reifenmaterials zu vermeiden.

Durch Erfüllung der Bedingung zu 1 soll der Reifen nicht zu viel beansprucht werden, aber trotzdem den größten Teil der Federarbeit von den

Fahrzeuffedern aufnehmen. Infolge der Möglichkeit von Überladungen darf die Biegsamkeit der Reifen auch nicht zu groß sein, da sonst schon auf guten Straßen starke Deformationen des Reifenmaterials eintreten. Dauerhaftigkeit ist hier ein schwieriger Faktor, aber das Zurückprallen mit unnötigerweise sich wiederholenden Deformationen ist gegen die Dauerhaftigkeit.

Den in seiner Art einzigen Vorteil des Pneumatikreifens als Kraftsparer verdankt er dem Umstand, daß sich der Luftdruck unter Last auf guten Straßen praktisch nicht ändert und keine Kraft verbraucht, da die Luft entsprechend der Karkassebewegung nur leicht rundherum verschoben wird. In Reifen anderer Art muß das elastische Material fortschreitend mit der Radbewegung abgebogen werden. Nur die Bewegung des Gewebes im Pneumatikreifen erfordert Kraft, was aber unbedeutend ist, ausgenommen wenn Stöße auftreten. Aber selbst dieser kleine Nachteil kann behoben oder auf ein Mindestmaß reduziert werden durch größeren Luftdruck und durch Verwendung einer stärkeren Karkasse, obgleich mit letzterer eine entsprechende Verminderung der Elastizität eintreten würde.

Da der Durchschnitts-Pneumatikreifen erstaunlich biegsam ist, ist er auch so elastisch, daß er sich nach momentaner Deformation durch ein Hindernis unmittelbar zurückbiegt, wenn die Fahrgeschwindigkeit nicht groß ist. Es ist also zweifellos, daß diejenigen, die den Pneumatikreifen zu verbessern suchen, dies auch mit hohen Geschwindigkeiten versuchen müssen, damit die Wirkung jener des Pneumatikreifens gleichkommt, bei dem die außerordentliche Elastizität der Luft ein Rückprallen vom Boden verhindert.

## Pneumatikreifen-Entwurf

Wie vorher erwähnt, stammt der erste patentierte Entwurf eines Pneumatikreifens von Robert Thompson vom Jahre 1845. Etwa 50 Jahre später entwickelte John Boyd Dunlop den Pneumatikreifen und verwendete ihn in seinem Spezialreifen für das Dreirad seines Sohnes.

Von diesem Zeitpunkte an wurden viele und mannigfache Erfindungen in Pneumatikreifen gemacht. Obgleich auch das frühere Geschichtliche sehr interessant ist, glauben wir, daß wir hauptsächlich bei der derzeitigen Praxis und den heutigen Entwürfen verweilen sollen. Aus diesem Grunde wollen wir in erster Linie die gängigen Typen behandeln.

Bei allen Pneumatikreifentypen sollte eine ausgeglichene Konstruktion zwischen Lauffläche und Karkasse eingehalten werden. Wir meinen darunter, daß ein Reifen seine vollen Dienste geleistet haben soll, bevor einzelne Teile versagen. Wenn die Karkasse versagt, bevor die Lauffläche abgenutzt ist, führt dies zur Unzufriedenheit seitens des Verbrauchers und ist andererseits nicht ökonomisch für den Erzeuger. Es ist daher von zwingender Wichtigkeit, daß Entwurf und Konstruktion von Pneumatikreifen durchaus eine richtige Gleichmäßigkeit schaffen. Ein Reifen ist so gut wie seine schwächste Stelle ist.



Die Felge, auf die diese Reifen montiert werden, ist hauptsächlich eine einteilige Konstruktion, an den Rändern aufgebogen, so daß sich Hakenansätze bilden (siehe Abb. 278).

Der Reifen hat eine Wulst, gewöhnlich aus Gummi, die dehnbar ist und über die Hakenansätze der Felge ausgezogen in diese einschnappt oder hineingedrückt wird. Unter Druck werden die Wülste in den hakenförmigen Teil der Felge gepreßt und festgehalten, so daß sich der Reifen, solange der Druck anhält, nicht lösen kann.

Die Abb. 278 gibt ein besseres Bild der gebräuchlichen Felge, den allgemeinen Entwurf eines Reifens und der Type, die als Clincher bezeichnet wird.

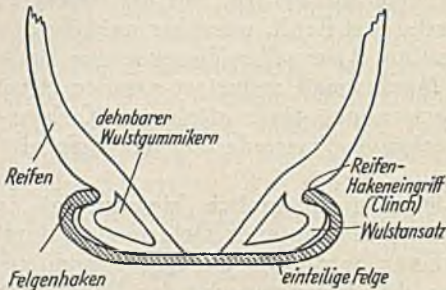


Abb. 278

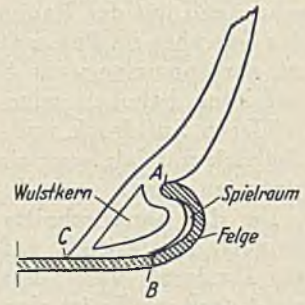


Abb. 279

Die Clinchertype wurde viele Jahre für Fahrrad-, Motorrad-, Aeroplan- und Automobilreifen verwendet. Obgleich die Felgenausführungen verschieden sind, blieb doch das Grundprinzip das gleiche.

### Allgemeine Gesichtspunkte für den Entwurf von Clincherreifen

Beim Entwurf eines Clincherreifens müssen folgende Hauptpunkte beachtet werden:

a) **Felgensitz.** Eine Clincherwulst darf nicht so entworfen werden, daß sie den Felgenansatz vollständig ausfüllt. Bei guter Ausführung soll die Wulst nur drei Berührungspunkte mit der Felge haben, wie Abb. 279 zeigt, und zwar A, B und C.

Punkt A: Clinch (Reifenhakeneingriff). Bewegung ist hier nicht erwünscht, da sonst Scheuern und Einschneiden der Felge eintreten. Punkt B und C: Fuß und Wulstspitze. Beim Vulkanisieren des Reifens soll die Wulst in der Form mehr horizontal als vertikal stehen, damit beim montierten Reifen der Punkt C (Wulstspitze) die natürliche Tendenz hat, gegen den Felgenrand gepreßt zu werden. Dadurch wird die Bewegung der Wulstspitze verhindert, die ein Einzwicken und Scheuern des Luftschlauches hervorrufen würde. Zwischen A und B soll genügend Spielraum gegen die Felge sein, so daß der Reifen bei Punkt A jederzeit fest gegen den Hakenansatz der Felge gedrückt werden kann. Ist nicht genügend Spielraum vorhanden, so tritt bei Punkt A eine Bewegung des Reifens auf und der Reifen kann durch Einschneiden der Felge verletzt werden.

b) **Länge und Form der Clincherwulste.** Die vulkanisierte Länge der Clincherwulste soll so groß sein, daß festes Anliegen in der Felge absolut erreicht wird.

Wenn der Reifen auf der Felge montiert ist, soll zwischen den Wulstspitzen genügend Spielraum sein, damit der Ventilschaft des Luftschlauches Platz hat. Ist dies nicht der Fall, dann muß von jeder Wulst genügend Material ausgeschnitten werden, um den Ventilschaft herausziehen zu können. Zu kurz geheizte Wulste haben eine entschiedene Neigung zu spielen und verursachen ein Einzwicken des Luftschlauches.

Es empfiehlt sich, an den Wulstenden des vulkanisierten Reifens eine Weichgummispitze anzubringen, um zu verhindern, daß der Luftschlauch angescheuert wird.

c) **Wulstausführung.** Auf die Ausführung der Wulst sollte mehr Gewicht und Sorgfalt gelegt werden als auf die irgendeines anderen Teils des Clincherreifens.

1. Die Reifenwulst muß streng in den Felgenhakenansatz passen,
2. muß sie im Hakeneingriff frei von Weichgummi sein,
3. soll die Wulstkernspitze nicht über die Spitze des Felgenhakenansatzes reichen.

Gründe hierfür:

1. Um Scheuern und Spielen zu verhindern, wodurch die Einlagen voneinander gelöst und von der Felge durchgeschnitten werden.
2. Ist der Wulstkern zu hoch, so wird die Bieigungsarbeit an dieser Stelle plötzlich gehemmt und es tritt als Folge davon gewöhnlich eine Loslösung an der Spitze des Wulstkernes ein.

d) **Ausführung der Wölbung (Buckels) über dem Hakenansatz.** Diese Wölbung ist bei allen Clincherreifen direkt über dem Felgeneingriff angebracht und liegt an der Oberfläche des Felgenhakenansatzes auf (Abbildung 280).

Die Wirkung der Wölbung besteht darin, daß sie die Bewegung beim Wulsteingriff vermindert und die Spannung ausgleicht und derart die Loslösungen und Felgeneinschnitte verhindert.

e) **Dehnung des Clincherreifens auf der Felge.** Diese ist aus folgenden Gründen wichtig:

1. Ist die Dehnung zu gering, so wird der Reifen beim Fahren von der Felge geschleudert und Luftschlauchdefekte treten durch Einzwicken (Klemmen) auf.
2. Ist die Dehnung zu groß, so ist die Montage und Demontage sehr schwierig und Brüche der Wulste treten auf. Das richtige Maß für die Spannung muß für jede Clincherreifentype festgelegt werden. Es richtet sich nach dem Querschnitt, der Verwendungsart, der Zahl der Einlagen und auch nach der Form und dem Material, das für den Wulstkern verwendet wird. Die Dehnung beträgt 1 bis 3%, je nach der Reifentype.

Damit haben wir im allgemeinen die wichtigsten Punkte für den Entwurf von Clincherreifen behandelt.



Was die übrigen Teile betrifft, wie Lauffläche usw., so werden hierfür die gebräuchlichen Methoden für die Entwicklung verwendet. Da diese Reifentype sehr rasch ausstirbt, gehen wir zunächst nicht weiter auf Einzelheiten ein, kommen aber bei späteren Entwicklungen und Entwürfen darauf zurück.

### Schnell demontierbare Clincherreifen

Während des Zeitraumes von fünf Jahren (1900 bis 1905) wurde der Clincherreifen vervollkommenet und normalisiert und blieb dann bis 1924 in Originalausstattung in Verwendung. Es schien erst, als ob er keine

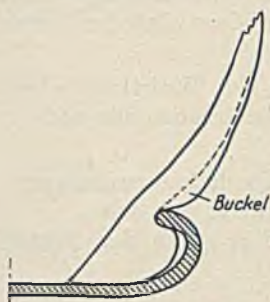


Abb. 280

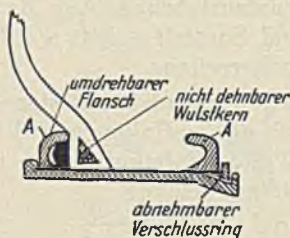


Abb. 281

Konkurrenz bekommen würde, aber schon im Jahre 1905 wurden zwei Erfindungen auf rasch demontierbare Felgen von Dunlop in England und von Goodyear in Amerika angemeldet. Sie bezweckten, da auf dieselben Räder passend, die Clincherfelge zu ersetzen und ermöglichten entweder Clincher- oder Gradwulstreifen (straight side) zu verwenden, da sie umdrehbare und demontierbare Ringe hatten.

Diese Felgen hatten folgende Vorteile:

1. Die Schwierigkeit des Ausdehnens des Reifens über die Felgenflanschen wurde behoben.
2. Die Reifen konnten mit nicht dehnbarer Wulst erzeugt werden, da die Felge auswechselbare Flanschen hatte.
3. Die Wulste hatten immer richtigen Sitz an der Felge, wodurch Beschädigung des Luftschlauches durch Einzwicken und Spielen der Wulst vermieden wurde.
4. Eine Drahtseilreifentype konnte durch Umdrehen der Flanschen verwendet werden, bei der die Gefahr der Reifenbeschädigung durch die Felge im Falle von Überlastung oder Unterdruck weit geringer war.

Dieses Prinzip erleichterte das Auf- und Abmontieren des Reifens auf die Felge und wurde ein bis zwei Jahre später die amerikanische Norm. Von diesem Zeitpunkte an nahm die Beliebtheit des Drahtseilreifens immer mehr zu.

Die Einführung des Gradseitreifens stieß auf beträchtlichen Widerstand bei den Fabrikanten der Clincherreifen, die, um ihn zu bekämpfen, die rasch montierbare Clinchertype einführten. Diese ist eine Kombina-

tion der nicht dehnbaren Drahtwulst und des Clincherhakenansatzes. Diese Type vermied den Nachteil, daß der Reifen über die Felge gezwängt werden mußte und andere Nachteile der wirklichen Clinchertype, besaß aber gegen die Gradseitreifen keine Vorteile.

Einige ihrer Nachteile gegenüber dem Gradseitreifen waren die unnötige Menge an Wulstmaterial, kleineres Luftvolumen und schwierigeres Aufziehen und Abnehmen. Die Hinzufügung der Hakenwulst war in keiner Weise nützlich, außer zum Ausfüllen der Höhlung bei Verwendung einer Felge der Clinchertype.

Die Abb. 281 gibt ein klares Bild der Felgentyper der gewöhnlichen Konstruktion eines Q. D.-Clincherreifens. Die nicht eingezeichneten Teile entsprechen der normalen Konstruktion.

Die schattierten Teile bezeichnen das hinzugefügte Material, das die Höhlungen der Felgenflanschen ausfüllt, sind aber wirklich ein Teil des Reifens.

Beide Felgenflanschen »A« sind abnehmbar und umdrehbar, so daß diese Felgentyper sowohl für einen richtigen Gradwulstreifen als auch für eine schnell demontierbare Reifentyper verwendet werden kann. Die abnehmbaren Ringe erleichtern die Montage und Demontage der Reifen, so daß die Wulste nicht über die Felgenflanschen gezogen werden müssen.

Schnell demontierbare Clincherreifen waren in Amerika durch einen Zeitraum von zehn Jahren an den kostspieligeren, schnelleren und schwereren Wagen beliebt, und zwar von 1906 bis 1916. Auch der Gradwulstreifen wurde verwendet, war aber bei weitem in der Minderheit. In Europa wurde die dehnbare Wulsttype, Clinchertype, als Normaltype bis zum Erscheinen des Ballonreifens (1924 bis 1925) weitergeführt. Während dieser Zeit blieb der Clincherreifen in Amerika bloß für kleine Dimensionen (Querschnitte) für kleine, leichte Fahrzeuge im allgemeinen Gebrauch.

Im Jahre 1916 kam der Gradseidrahtseilreifen zur Geltung, und heute ist dieser die Normaltype in der ganzen Welt.

### Cordreifen

Wir wollen jetzt die wichtige Entwicklung der Reifen behandeln, die durch die Verwendung von Cord an Stelle von Leinwand für Einlagen eintrat. Unter Leinwand verstehen wir ein Kreuzgewebe mit einem Gewicht von ungefähr 580 g pro Quadratmeter und meistens mit einer Konstruktion 23s-11 per Lage. Dieses schwere Kreuzgewebe wurde je nach der Größe der Reifen im Ausmaße von vier bis acht Lagen verwendet. Europäische Fabriken verwendeten oft leichteres Kreuzgewebe. Unter der Bezeichnung »Cord« verstehen wir zusammengedrehte Fäden, Schnüre, die den Körper des Reifens bilden, ohne aber zusammengewebt zu sein.

Cord war ungefähr 1892 bekannt, aber in Form von sehr leichtem Cord. Zu dieser Zeit wurde es hauptsächlich für Fahrradreifen gebraucht. Ungefähr während der ersten 15 Jahre der Automobilindustrie wurden tatsächlich alle Reifen für Benzinautomobile aus zusammengewebtem,



leinwandartigem Stoff erzeugt. Für die Nichtverwendung von Cord waren vier Gründe maßgebend:

1. Da Cord biegsamer als Leinwand ist, traten viel Wulstdefekte auf, ohne daß eine Abhilfe gefunden wurde.
2. Cord wurde allgemein als minderes Material angesehen.
3. Bei Reifenreparaturen traten besondere Schwierigkeiten auf.
4. Die Cordlagen waren nicht leicht zu behandeln und schwierig im Reifen einzubauen, da die Reifen zu dieser Zeit auf Kernringen geheizt wurden.

Es ist notwendig, bei Cordreifen verschiedene Methoden anzuwenden, um die Cordfäden zu strecken und während der Heizung gerade zu halten.

Sechs bis acht Jahre früher, bis 1914, wurde eine geringe Anzahl Cordreifen erzeugt und ausschließlich auf Elektromobilen verwendet. Der Grund hierfür war, daß Cordreifen weniger Kraft verbrauchten als Kreuzgewebereifen.

Es gab verschiedene Arten von Cord, aber nur zwei sind erwähnenswert:

1. Der Zweilagigen-Reifen aus schwerem Cord war ursprünglich im Goodrich-Silvertown-Reifen bis 1918 verwendet. Dieser schwere Cordfaden hatte ungefähr  $\frac{1}{8}$ " Durchmesser.
2. Einen schwächeren Cordfaden mit ungefähr  $\frac{1}{32}$ " im Durchmesser, wobei mehrere Lagen oder Schichten verwendet wurden, benutzte die Goodyear Company für Benzinautomobile im Jahre 1914. Die Goodyear Company hatte jedoch jahrelange Erfahrungen mit Cordfäden dieser Art vor dem Jahre 1914 in ihren Reifen für Elektromobile. Diese schwache Cordtype wird heute allgemein in verschiedenen Konstruktionen verwendet und zwar:  $23/5 \times 3$ ,  $23/4 \times 3$ ,  $18/2 \times 2$ ,  $14/4 \times 2$ ,  $7/2 \times 2$  usw.

Mit Rücksicht darauf, daß die Cordausführung heute die allgemein gebräuchliche Art der Erzeugung ist, wollen wir in unserer Besprechung des Aufbaues usw. hauptsächlich die Cordreifen behandeln.

### Gradseitreifen (straight side, S. S.)

Da sich der Gradseitreifen dauernd als Normalreifen eingeführt hat, ist es von Interesse, die allgemeine Richtung hinsichtlich der Querschnittsgrößen der Reifen und die Felgendurchmesser zu betrachten.

- a) Früherer straight side-Querschnittsdurchmesser nominelle Größe, 3",  $3\frac{1}{2}$ ", 4",  $4\frac{1}{2}$ " usw.
- b) Frühere Hochdruck-Cordreifen 1914 — 10% über nominell.
- c) Ballonreifen 1923 und 1924 — 20% Übergrößen über jene Dimensionen, die sie ersetzen.
- d) Airwheel, Super-Ballon 1932 — 1933 bis 40% Übergröße, über die Größen, die sie ersetzen.

Fünfzehn bis zwanzig Jahre vorher waren die Felgendurchmesser 23", 24", 25", 27". Heute ist das Bestreben auf Verwendung kleinerer Felgen gerichtet.

Alle neuen Wagen, die während des Jahres 1932 in Amerika erzeugt wurden und mit Standard-Ballonreifen ausgestattet sind, haben Felgendurchmesser von 17 bis 18". In Europa jedoch wird vorwiegend 19" Durchmesser verwendet. Dies trifft auch teilweise für England zu.

In Amerika sind die Felgendurchmesser für die sogenannten »Airwheel-, Doughnut- und Super-Ballon«-Größen auf 15 und 16" reduziert worden. In England wird 16" und 17" verwendet.

Ferner wurden die Felgendurchmesser der Aeroplan-»Airwheel«-Reifen reduziert, z. B. 9"-Reifen auf 3"-Radnabe und 15"-Reifen auf 6"-Radnabe. (Die Radnabe ersetzt die Felge.)

Aus den Änderungen, die während der verschiedenen Entwicklungsstufen in Gradseitreifen gemacht wurden, mag ersehen werden, wie interessant, aber auch wie kompliziert das Problem des Reifenaufbaues ist. Es ist dabei zweckmäßig, nur die modernen Ausführungen zu behandeln.

## Reifenkonstruktion

### Bestimmende Faktoren für die Reifenkonstruktion

Der Reifenkonstrukteur hat erfahrungsgemäß niemals freie Hand bei der Konstruktion eines neuen Reifens oder einer neuen Reifentype oder beim Entwurf von Reifen. Dies war immer so und wird auch immer so bleiben. Er wird immer gewisse Einschränkungen beachten müssen:

1. Felge und Felgentype, auf die die Reifen passen müssen.
2. Bei Ausnützung der Raumverhältnisse.
3. Tragfähigkeit.
4. Konstruktion derart, konkurrenzfähig zu sein usw.

Obgleich es notwendig ist, sich an die beschriebenen Einschränkungen strengere oder innerhalb sehr enger Grenzen zu halten, so kann der Konstrukteur bei gewissen Einzelheiten, doch nach eigenem Ermessen arbeiten.

1. Im allgemeinen ohne weiteres bei der Wulstausführung, vorausgesetzt, daß richtige Felgen verwendet werden.
2. Bei Ausnutzung der Raumverhältnisse.
3. Beim Dessin für Gleitschutzreifen.
4. Bei der Materialverwendung; Kosten und Qualität müssen beachtet werden.

Die meisten Fabriken arbeiten heute in dessinierten Formen. In diesen ist das Laufflächendessin eingefräst und die notwendigen Schriftsätze für Namen, Type, Größe usw. eingraviert.

Ein starker Luftschauch (Airbag) oder Wasserschlauch (Water bag), mit Preßluft bzw. Preßwasser aufgepumpt, preßt den unvulkanisierten Reifen gegen die Formoberfläche, wodurch die Formgebung des Reifens erfolgt.

### Gradseitreifen

Nach dieser allgemeinen Besprechung wollen wir auf Einzelheiten eingehen. Im allgemeinen können die gleichen Grundsätze für alle Gradseitreifentypen angewendet werden.



## Allgemeine Beschreibung des Zubehörs und seine Funktionen beim Entwurf von Gradseitreifen

1. **Felgenausführung.** Es ist wichtig, eine richtig konstruierte Felgenausführung zu haben.

- a) Richtige Flanschenausführung.
- b) Richtigen Spielraum und richtige Anpressung, abhängig von der Felgentype und vom Reifen.
- c) Flachbett-Type — erwünschter Spielraum 0.031" bis 0.050".
- d) Engl. Tiefbettfelge — kein Spielraum oder leichte Anpressung 0.013" erwünscht.
- e) Aeroplanfelgen haben konischen Sitz für die Reifenwulst. Kein Spielraum erwünscht. Die Reifenwulst ist im selben Maße konisch wie die Felge.

2. **Wulstbreite.** Die Wulst sollte innerhalb vernünftiger Grenzen so breit wie nur möglich sein, um zu erzielen:

- a) Stabilität des Reifens.
- b) Verhinderung starker Bewegung am Felgenflansch, wodurch Ansheuerung hervorgerufen wird.
- c) Verhinderung der Bewegung der Wulstspitzen, wodurch die Luftschläuche gezwickt werden, wenn nicht ein Felgenschutzband (Flap) verwendet wird.

(Breite und Umrisse müssen bei den amerikanischen (drop center) und bei den englischen (well base) Felgen so ausgeführt sein, daß die Wulste nicht über die Kanten der Felgenleisten vorstehen, da sonst Schlauchanscheuerungen entstehen.)

3. **Wulstkern, Drahtmenge und Isolation.** Der Wulstkern kann als das Herz des Reifens bezeichnet werden. Diesem wichtigen Bestandteil sollte besondere Sorgfalt zugewendet werden.

- a) Die Drahtmenge muß genügend sein, um einen sehr großen Sicherheitsfaktor zu haben. Sie hängt ganz von der Reifengröße und von der Beanspruchung ab. In allen Fällen sollte der Sicherheitsfaktor sehr hoch sein.
- b) Obgleich verschiedene Arten von Wulstkernen verwendet werden, geben Drähte mit hohem Kohlenstoffgehalt die erwünschte hohe Zugfestigkeit.
  - a) Drahtwulstbänder mit einer Stärke von 0.037" bis 0.043".
  - β) Drahtseilwulste.
  - γ) Wulste aus gebündeltem, schwerem Draht mit einer Stärke von 0.054" usw.
  - δ) Geflochtene Drahtwulste mit 0.025" Stärke.

Es ist besonders wichtig, die Drähte durch entsprechende Gummimischung gut zu isolieren, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern, wodurch Rostbildung und allenfalls Wulstbrüche auftreten können.

4. **Drahtplattierung.** Zwei Arten der Plattierung werden gewöhnlich verwendet:

- a) Verzinnen.
- b) Verkupfern.

Das Verzinnen bietet größeren Widerstand gegen Verrosten, gibt aber keine so gute Verbindung bei der Isolierung wie Kupfer.

5. **Isolierung.** Dieselbe soll aus einer halbharten Gummimischung bestehen, die gute Verbindung mit dem Draht gibt und ihn fest zusammenhält, damit die Drähte nicht wandern oder sich separieren können.

6. **Form.** Die Wulstform soll so sein, daß die Einlagen und das Verstärkungsmaterial über der Wulst in richtiger Lage bleiben.

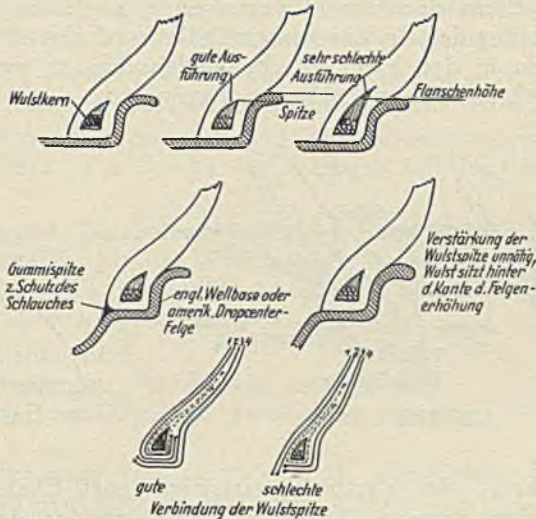


Abb. 282

7. **Größe.** Die richtige Größe ist durch die Menge des die Wulst einschließenden Materiales und den für diese nötigen Druck bestimmt.

8. **Wulstkerndurchmesser.** Dieser wird durch die Menge des Materiales unter der Wulst bestimmt, durch die Größe des für diese Materialien erwünschten Druckes und durch den Spielraum an der Felge gegenüber dem Felgendurchmesser.

9. **Wulstkernhöhe.** Diese muß so reguliert werden, daß die Wulst nicht über den Felgenflansch vorsteht, andernfalls sich die Biegungen auf diesem Punkt konzentrieren und Loslösungen und eventuell Reifendefekte verursachen.

10. **Gute Verbindung des Wulstkernes.** Dies ist ein sehr wichtiger Faktor, denn ungeachtet der Festigkeit, Konstruktion der Wulst usw. verursacht eine schlechte Verbindung des Wulstkernes mit den Stofflagen eine solche Schwächung, daß Defekte durch Ausreißen der Wulst entstehen. Obenstehende Skizzen (Abb. 282) beschreiben die vorerwähnten Entwurfspunkte.

11. **Wulstfahnen** sind Verstärkungstreifen rund um den Wulstkern.

In den nachstehend angeführten Skizzen sind diese in gestrichelten Linien eingezeichnet. Wulstfahnen können zweierlei Art sein:



- a) Kreuzgewebe im Gewichte von 300 bis 475 g pro Quadratmeter.
- b) Cordgewebe in Form zugeschnittener Streifen, ähnlich wie beim Kreuzgewebe. Es kann auch durch Hochschlagen der Karkasse-Stofflagen um den Wulstkern bis in die Seitenwand des Reifens derselbe Effekt erzielt werden. Im allgemeinen verwenden die meisten Fabriken Kreuzgewebe in separat vorbereiteten Streifen.

Die Funktionen der Fahnen sind:

- a) Dem Wulstkern eine bessere Verankerung zu geben,
- b) die Abbiegung des Reifens zu vermindern und abzustufen,
- c) den Reifen in der Nähe des Felgenflansches zu verstärken und Wulstdefekte durch die Felge zu verhindern.

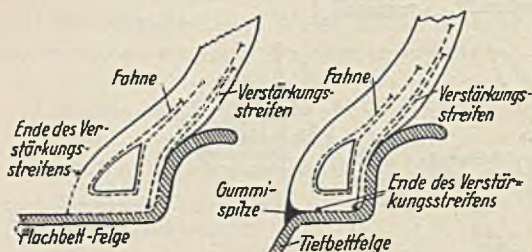


Abb. 283



Abb. 284

12. Wulstschutz- oder Verstärkungsstreifen (engl. Chafingstrips) sind Streifen aus Kreuzgewebe (Riementuch), die an der Außenseite der Reifenwulstpartie rundherum angebracht werden, um das Scheuern und Anrosten jenes Reifenteiles zu verhindern, der direkt mit der Felge in Berührung kommt.

Das Wulstschutzstreifengewebe ist gewöhnlich ein Kreuzgewebe im Gewichte von 300 bis 475 g pro Quadratmeter.

Die Anzahl der Verstärkungsstreifen ist ganz von dem Querschnitt und der Qualität des Reifens abhängig. Im allgemeinen werden zwei Streifen verwendet, für gewisse kleine Motorradquerschnitte ist ein Streifen ausreichend, während es bei großen Autoreifendimensionen empfehlenswert ist, drei Verstärkungsstreifen zu nehmen.

Die Funktionen der Verstärkungsstreifen sind:

- a) Das Anschuern durch die Felge zu verhindern.
- b) Vor Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen, die Verrosten der Wulstdrähte verursachen könnte.
- c) Den Reifen über dem Felgenflansch gegen Brechen zu verstärken und jene Teile des Reifens vor Rost zu schützen, die in direktem Kontakt mit der Felge sind.
- d) Die Abbiegung der Wulst abzustufen und zu vermindern.

Die Abb. 283 zeigt die Anordnung der Verstärkungsstreifen und der Fahnen im vulkanisierten Reifen sowie die verschiedenen Ausführungen, die für verschiedene Reifentypen gewöhnlich verwendet werden.

13. **Konstruktion der Wölbung (Buckel — engl. Hump).** Die Wölbung ist jener Teil des Reifens, der unmittelbar beim Felgenflansch beginnt und sich von dort nach oben fortsetzt. Ihre Funktionen sind:

- a) Unmittelbar an dem Felgenflansch: die Anscheuerung der Wulstschutzstreifen im Falle der Überladung oder des Unterdruckes zu verhindern.
- b) Über dem Felgenflansch: die Wulst zu stützen und festzuhalten, um übermäßiges Spielen der Wulst zu vermeiden.
- c) Wirkt dieselbe als Polster und hilft mit, Defekte durch die Felge und Loslösung der Wulstschutzstreifen untereinander zu vermeiden.

Die Wölbung (Buckel) ist aus dem gleichen Material wie der Seitenwandgummi, jedoch wesentlich stärker hergestellt (Abb. 284).

(Die Stärke der Seitenwand beträgt bei Personenwagenreifen ungefähr 0.0625" bis 0.078". Die Stärke der Wölbung soll um 0.031" bis 0.0625" größer sein.)

14. **Seitenwand.** Die Seitenwand eines Reifens reicht vom Ende der Lauffläche ungefähr bis zur Wölbung der Wulst.

Sie wird meist aus der Laufflächenqualität oder auch aus einer etwas minderen Qualität hergestellt.

Ihre Funktionen sind:

- a) die Karkasse vor Feuchtigkeit zu schützen,
- b) seitliche Beschädigungen durch Wagengleise und Steine zu verhüten,
- c) zur Anbringung von Schriftzeichen, wie Größe, Marke, Patentnummern usw. Siehe vorstehende Skizze.

15. **Der Protektorschutzstreifen (Breaker)** ist ein Reifenbestandteil, der in guten Reifenkonstruktionen sehr wichtig ist.

Es gibt eine ganze Anzahl verschiedener Ausführungen für den »breaker«; die gebräuchlichen Typen sind folgende:

- a) Weitmaschiges Kreuzgewebe mit einem Gewichte von etwa 270 bis 300 g pro Quadratmeter und einer Einstellung von ungefähr 14 Ketten und 8 Schußfäden per engl. Zoll.
- b) Cordgewebe von ähnlicher Konstruktion, wie sie für die Reifenkarkasse verwendet wird, jedoch mit geringerer Einstellung per Zoll. Gewöhnlich wird eine Einstellung von 10 bis 13 Cords per Zoll verwendet.

Der »breaker« liegt im Reifen direkt unter der Lauffläche (im Mittel), genau zwischen Lauffläche und Karkasse und ist vollständig durch Polstergummi abgedeckt. Die Verwendung von Protektorschutzstreifen ist aus folgenden Gründen empfehlenswert:

- a) Verhindert derselbe die Abscherwirkung, die zwischen Lauffläche und Reifenkarkasse auftritt, wenn der Reifen sich auf der Straße durchbiegt. Dies ist eine der wichtigsten Funktionen des »Breakers«.
- b) Verhindert derselbe die Vergrößerung von Schnitten in der Lauffläche, und zwar durch die große Oberflächenverbindung des in der sogenannten »Leno-Konstruktion« gewebten Breakers.



- c) Verhinderung von Durchschlägen. Der Stoß wird durch den Breaker aufgefangen und auf einen großen Raum verteilt, während sonst der örtliche Stoß die Karkasse zerstören würde.
- d) Zug- und Bremswirkung: die Kräfte sind tangential. Dadurch hemmt der Breaker die Auswirkung auf die Karkasse und den Polstergummi.

Winkel des Breakers. Da manche Erzeuger der Meinung sind, daß die Verwendung des richtigen Winkels nicht von besonderer Wichtigkeit ist, zeigen die nachfolgenden Zeilen die Wirkung des Breakerwinkels bezüglich Loslösung.

Geradegeschchnittener Breaker aus »Leno-Konstruktion« zeigt größeren Widerstand gegen Steinschläge als schiefgeschnittener Breaker, aber erfahrungsgemäß verursacht gerader Breaker leichter Loslösungen, insbesondere bei Cordreifen.

Die vorher erwähnten »Cord breaker« werden hauptsächlich verwendet, und zwar sowohl in Personenwagen-, Lastwagen- als auch Ballonreifen.

Die Verwendung beschränkt sich nicht auf eine Lage »Breaker«, oft werden zwei und auch drei Lagen verwendet. Diese sind untereinander durch Polstermaterial getrennt.

16. Die Einlagen bilden den Körper des Reifens und geben ihm die nötige Stärke, um die Last zu tragen und dem für einen bestimmten Pneumatikreifen erforderlichen Luftdruck standzuhalten. Die Lagenzahl wird durch die Last und den notwendigen Luftdruck, durch den Reifenquerschnitt, ferner durch die Reifentype und durch die Verwendungsart des Reifens bestimmt. Die Qualität des Cordfadens (Baumwolle), die Stärke und Konstruktion des Cordfadens richtet sich nach der Klasseneinteilung des Reifens (Hochdruck, Ballon usw.).

Viele Cordkonstruktionen werden von den verschiedenen Fabriken verwendet, z. B. 23/5/3, 23/4/3, 18/3/2, 18/2/2, 14/4/2, 12/4/2 und 7/2/2. Diese Konstruktionen werden in verschiedenen Baumwollsorten erzeugt. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Lagenfestigkeit ist folgende: Wenn die Festigkeit des einzelnen Cordfadens, die Anzahl der Fäden per engl. Zoll und die Lagenzahl bekannt sind, ergibt sich folgende Berechnung. Z. B.:

Festigkeit des Cordfadens . . .	16 lbs.
Cordfaden per Zoll . . . . .	23 „
Lagenzahl . . . . .	4 „

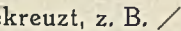
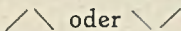
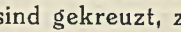
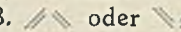
$$16 \times 23 \times 4 = 1472 \text{ lbs. Festigkeit der Einlagen.}$$

Ist die Reifentype und die Stärke der gummierten Einlagen bestimmt, so ist der nächste wichtige Schritt der richtige Aufbau des Reifens. Bei der Vulkanisation der Cordreifen mittels Luft- oder Wasserheizschläuchen müssen die Cordfäden während der Heizung genügend gespannt werden, da sie sonst wellig und bucklig werden. Andererseits dürfen sie auch nicht zu hoch gespannt werden, da im Falle zu großer Spannung die um die Wulst geschlagenen Einlagen hochgezogen werden,

wodurch die Wulstverankerung gefährdet wird und vorzeitige Reifendefekte an dieser Stelle auftreten.

#### Einlagenanordnung, Winkel und Dehnung

Die Einlagen im Reifen werden gewöhnlich auf zweierlei Arten eingebaut:

1. Jede Lage ist gekreuzt, z. B.  oder 
2. Je zwei Lagen sind gekreuzt, z. B.  oder 

Man bezeichnet diese Anordnung als »Lagenrichtung« im Reifenentwurf. Obgleich die »Gruppenlagen«-Anordnung in manchen Fabriken früher gebraucht wurde, ist es heute üblich, jede Lage zu kreuzen. Bei der Erzeugung einer Karkasse nach dem Kernringsystem besteht die größte Schwierigkeit darin, daß ein Cordgewebeband um eine gekrümmte Oberfläche geformt werden muß. Dies bewirkt eine Veränderung im Abstände der Cordfäden voneinander, Bewegung des diese umgebenden Gummimaterials und Verdrehung der Cordwinkel. Folgende vier Probleme sind praktisch sehr wichtig:

1. Möglichste Gleichförmigkeit von Corddehnung und Winkel.
2. Möglichst geringen Abfall.
3. Gute Verarbeitungsmöglichkeit für den Aufbau und für das Niederrollen.
4. Verwendung einer möglichst geringen Anzahl von Stoffbreiten.

Um möglichste Gleichmäßigkeit im Cordreifen und gleiche Dehnung in den einzelnen Cordfäden zu erhalten, muß der Cordwinkel und der Abstand der Cordfäden in jedem Teil des Reifenquerschnittes am ganzen Umfang gleich sein; andernfalls würden einzelne Cordfäden mehr beansprucht werden und vorzeitige Defekte verursachen.

Die Cordlagen müssen auf den Kernring mit Spannung aufgezogen werden, damit diese um die Wulst richtig niedergebügelt und gut verbunden werden können; die Dehnung der Einlage muß daher rundherum die gleiche sein.

Das Aufziehen der Einlagen auf Kernringe erfolgt auf zweierlei Art:

1. Einzelne Einlagen aus aufgewickelten Rollen.
2. Zwei endlose Einlagen.

Durch Anordnung des Zuschnittwinkels und der Dehnung, mit der das Band aufgelegt wird, kann man jeden gewünschten Winkel im fertigen Reifen erreichen. Der Cordfadenwinkel ist mit Rücksicht auf die Durchbiegung des Reifens in der Schulterpartie von größtem Interesse.

Je kleiner der Cordwinkel, desto größer ist die Dehnung des Fadens, und bei desto geringerem Innendruck platzt der Reifen. Dies ist hauptsächlich bei großen Reifen mit vielen Einlagen wichtig, die sich in der Benutzung leicht erhitzen und bei denen die Sicherheit gegen Platzen groß sein muß.

Nachstehend geben wir einen Vergleich der Gruppenlagenanordnung gegenüber der Einzellagenkonstruktion in einem 8"-Reifen, bei dem die Lagen mit 15% Spannung aufgezogen wurden. Alle Lagen wurden unter einem Winkel von 45° zugeschnitten und der Cordfadenwinkel jeder Lage im geheizten Reifen gemessen.



	Einzellagen	Gruppenlagen
An der Krone	38.3°	40.5°
Über der Schulter	42.2°	44.0°
An der Schulter	46.6°	47.7°
In der Seitenwand	52.6°	53.9°
Am Wulst	57.4°	61.2°

17. **Polstergummi, Zwischenplatten und Gummistreifen** werden im Reifenaufbau aus folgenden Gründen verwendet:

- Um das Abscheren an einem der einzelnen Teile zu verhindern.
- Um die un gummierten Kanten des zugeschnittenen Materiales abzudecken.

Polstergummi wird gewöhnlich dort eingebaut, wo starke Scherwirkung auftritt:

- Zwischen Lauffläche und der Oberseite des Protektorschutzstreifens (Breaker).
- Zwischen oberster Einlage und Unterseite des Protektorschutzstreifens.

Die Stärke des Polsters ist je nach der Größe des Reifenquerschnittes verschieden. Für kleine Dimensionen etwa 0.031", für große Personewagendimensionen etwa 0.070". Für Lastwagenreifen muß noch stärkerer Polstergummi verwendet werden. Die Polster sind im allgemeinen breiter als die Lauffläche, diese Ausführung empfiehlt sich, um die Abscherwirkung zwischen Lauffläche und Breaker und zwischen Breaker und oberster Lage zu vermindern, da Loslösungen dadurch verhindert werden.

Zwischenplatten oder dünne Gummilagen werden zum gleichen Zwecke wie der Polstergummi zwischen den Einlagen verwendet. Sie reichen gewöhnlich über jenen Teil des Reifens, wo Biegungs- und Abscherbeanspruchung Loslösungen verursachen können. Die Erfahrung hat gelehrt, daß Loslösungen meist zwischen den obersten Lagen auftreten, d. i. bei einem 6"-Reifen zwischen der 4., 5. und 6. Lage. Wenn Zwischenplatten mit einer Stärke von 0.018", 0.012", 0.015" und 0.020" verwendet werden, werden Loslösungen vermieden. Gummistreifen (dünne, auch kurze Streifen aus Gummimischung) werden verwendet, um Loslösungen einzelner Teile zu verhindern und um die un gummierten Kanten derselben abzudecken. Sie werden daher gewöhnlich verwendet:

- zwischen den Wulstschutzstreifen,
- unter und über dem Wulstschutzstreifenpaket,
- an den rohen Schnittflächen der Fahnen und Zusammensätze,
- an der Wulstspitze zur Bildung einer Weichgummispitze zur Verhütung von Luftschlauchdefekten.

Die Stärke der Gummistreifen hängt davon ab, wo und für welche Reifenqualität sie verwendet werden und wollen wir daher nicht näher darauf eingehen.

#### 18. **Laufflächendessins. Funktionen:**

- Die Lauffläche muß die Karkasse vor Anscheuerung, Schnitten und Stichen schützen, d. h. sie muß selbst gegen Abnutzung und Ribbildung widerstandsfähig sein.

- b) Sie muß die Stöße und Spannungen auf den Reifen so verteilen, daß die Karkasse an einer Stelle nicht zu viel leidet.
- c) Sie muß griffig sein und das notwendige Anzugsvermögen haben.
- d) Sie darf nicht zu viel Lärm oder Schwingungen verursachen.

Außerdem soll das Laufflächendessin gefälliges Aussehen haben, da dies für den Verkauf wichtig ist. Vom Standpunkt der Kosten des Formenmaterials sollte das Dessin so einfach als möglich sein. Die Form des Dessins soll ein leichtes Fließen des Gummis in der Form gestatten, ohne Luft einzuschließen und leichtes Öffnen der Form ermöglichen. Und vor allem gleichmäßige Abnutzung mit geringstem Kraftaufwand verbinden.

Es gibt viele verschiedene Arten von Laufflächendessins, nicht nur in bezug auf Dessinierung, sondern auch bezüglich Form und Stärke. Die Abb. 285 zeigt drei Ausführungen, die häufig gebraucht werden.

**Laufflächen - Anzugsmoment:** Das Anzugsmoment wird als besonders wichtig erachtet, da es eine der wichtigsten Funktionen des Reifens ist, die Antriebskraft des Motors beim



Abb. 285. Laufflächenformen

Vorwärtsbewegen eines Wagens zu unterstützen. Diese kann am besten ausgenutzt werden, wenn der Reifen unter allen Umständen volle Zugwirkung bietet.

**Sicherheit:** Neben dem Anzugsmoment ist die Sicherheit ein weiteres Problem für das Laufflächendessin. In Kurven kommt die Reifenschulter bei mittleren oder hohen Geschwindigkeiten in direkte Berührung mit der Straßenoberfläche, wodurch trotz großer Vorsicht in der Wahl des Reifendessins seitliches Rutschen oder Schleudern eintreten kann.

**Langsame, gleichmäßige Abnutzung:** Es ist wesentlich, eine Lauffläche zu haben, deren Gleitschutzdessin eine maximale Lebensdauer hat. Die Abnutzung soll sich gleichmäßig über die ganze Oberfläche der Lauffläche verteilen und das Gleitschutzdessin nach einem entsprechenden Zeitraum noch seinen ursprünglichen Charakter zeigen. Sehr hohe Dessins mit weiten Zwischenräumen oder solche mit wenig gemustertem Dessin verursachen durch Eindrücken oder Ausbrechen ungleiche Abnutzung, wodurch holperiges, hartes und stoßendes Fahren entsteht.

**19. Einpressung.** Wenn ein Pneumatikreifen beladen ist, drückt er sich ein, bis die Berührungsfläche genügend groß ist, die Last zu tragen. Die Fläche ändert sich mit dem Innenluftdruck des Reifens. Bei konstantem Druck über der Berührungsfläche ergibt sich die Last durch Multiplikation der Berührungsfläche mit dem Innendruck. In Wirklichkeit jedoch wird ein Teil der Last durch die Reifenkarkasse getragen, so daß der Druck über der Berührungsfläche nicht konstant ist.

Die tatsächliche Verteilung hängt von der Form der Lauffläche, der Reifenkonstruktion und der prozentuellen Einpressung ab.



Nach einer Regel der *Tire and Rim Association* wird die Eindrückung als ein Prozentsatz des Reifenquerschnitt-Durchmessers ausgedrückt, wobei dieser in unbelastetem, aufgepumptem Zustande gemessen wird.

Folgende Eindrückungen sind für verschiedene Reifentypen normal:

- a) Straight side-Hochdruckreifen 11%,
- b) Straight side-Ballonreifen 15%,
- c) Straight side-Super-Ballonreifen 18%.

Die Zahlen für die Eindrückung können durch wirkliche Messungen an Reifen unter statischer Last oder durch Berechnung gefunden werden.

Die folgende Tabelle zeigt

*die Verschiedenheiten der Eindrückungen für  
Massiv-, Hochdruck-, Lastwagen- und Ballonreifen*

Reifen-Größe	Art	Last in lbs	Innendruck in lbs per sq. in	Eindrückg.	Eindrückg. per 1000 lbs
36 × 5	Massiv	2850		0.52"	0.12"
34 × 7	Hochdruck-				
	Lastwagen	2800	100	0.77"	0.21"
9.00—20	Bus-Ballon	2800	65	1.03"	0.28"
4"	6-Lagen-Hochdr.	1100	60	0.65"	0.55"
6.00—18	4-Lagen-Ballon	1070	32	0.98"	0.81"
7.50—15	Super-Ballon	1075	20	1.39"	1.18"
5"	8-Lagen-Hochdr.	1700	80	0.70"	0.39"
7.50—18	6-Lagen-Ballon	1710	36	1.02"	0.55"
9.00—16	Super-Ballon	1635	24	1.44"	0.77"

*Gewichts- und Luftdruck-Tabelle*

Hochdruck-Personenwagenreifen; nach *Tire & Rim Association*

Mindest-Innen- druck in lbs per sq. in.	3½"	3½"	4"	4½"	5"
	Normal	Übergröße			
35	425	475			
40	500	550	700		
45	575	625	800	950	1200
50	650	700	900	1050	1325
55	725	775	1000	1150	1450
60			1100	1250	1575
65				1350	1700
70					1825

Die in *Kursiv* gesetzten Ziffern bedeuten die maximal zulässigen Lasten.

*Ballonreifen für Personenwagen — Tire & Rim Association Standard*

Nominelle Reifen- Größe	Maximale Last für 4-Lagen- Reifen bei 32 lbs Luftdruck			Maximale Last für 6-Lagen- Reifen bei 36 lbs Luftdruck		
	17"	18"	19"	17"	18"	19"
3.75	460	480	500			
4.00	515	540	565			
4.75	770	805	840	865	905	945
5.00	820	860	895	920	965	1005
5.25	885	925	965	995	1040	1085
5.50	955	1000	1040	1075	1125	1170
6.00	1025	1070	1115	1155	1205	1255
6.50	1175	1225	1270	1320	1375	1430
7.00	1300	1355	1405	1465	1525	1585
7.50	1460	1520	1580	1645	1710	1775

Anmerkung 1: Für Lasten, die geringer sind als das Maximum, kann der Innendruck proportional kleiner sein.

Anmerkung 2: Die Wahl der Reifengröße soll auf Grund eines durchschnittlichen Gewichtes der Passagiere erfolgen, wobei für einen Passagier 150 lbs anzunehmen und wie folgt zu rechnen ist.

Alle 2-, 3- und 4sitzigen Wagen — zweifache Passagierlast (gleichmäßig verteilt).

Alle 5sitzigen Wagen — dreifache Passagierlast (zwei gleichmäßig, eine über der Hinterachse).

Alle 7sitzigen Wagen — vierfache Passagierlast (zwei gleichmäßig, zwei über der Hinterachse).

Anmerkung 3: Diese Tabelle kann nicht für Omnibusse und Lastwagen gebraucht werden.

Anmerkung 4: Mit Rücksicht auf die Steuerung der Vorderräder und die Laufflächenabnutzung empfiehlt es sich, Vorderreifen mit dem gleichen oder größeren Druck als die Hinterradreifen aufzupumpen und die Ratschläge der Automobilfabriken zu beachten.

### Superballon (Low-pressure) Personenwagenreifen

Die neueste Entwicklung der Reifenkonstruktionen brachte den größten Komfort seit der Einführung des Pneumatikreifens. Diese Reifen sind unter der Bezeichnung »Do-nut«, Airwheel-, Super-Comfort- oder Jumbo-Typen bekannt. Sie haben großen Reifenquerschnitt und sind auf Felgen mit kleinem Durchmesser montiert.

Die Vorteile dieser Reifenart sind:

1. Größerer Komfort.
2. Größere Sicherheit.
3. Verminderung der Kraftverluste.
4. Besseres Aussehen.

Diese Vorteile wurden durch den großen Querschnitt und den geringen Luftdruck erzielt, wodurch die Auflagefläche im Vergleich zu den gewöhnlichen Ballonreifen vergrößert wurde.

Die Entwicklung dieser Reifenart begann zuerst in Amerika, wo schon 1932 viele Automobile auf Wunsch mit Super-Ballonreifen ausgestattet wurden. Diese Type hat sich rasch verbreitet und wird heute auch schon in England und Frankreich erzeugt. Es ist wahrscheinlich, daß sie sich infolge ihrer Vorteile bald in der ganzen Welt einführen wird und daß sie vielleicht den gegenwärtigen Ballonreifen in derselben Weise ersetzen wird, wie dieser den Hochdruckreifen ersetzt hat.

Die folgenden Tabellen zeigen die gegenwärtigen Standardtypen der »Airwheel«-Größen in Amerika und jene Ballonreifengrößen, die sie ersetzen.



Superballonreifen			Ersetzen Ballonreifen		
Größen	Querschnitts-Durchm.	Felgenweite	Größen	Querschnitts-Durchm.	Felgenweite
6.50—16	6.80"	4.50"	5.25—18	5.52"	3.00"
7.00—16	7.40"	5.00"	5.25—18	5.52"	3.00"
7.50—15 u. 16 vorgesehen	8.05"	5.50"	5.25—18	5.52"	3.00"
7.00—16	7.40"	5.00"	5.50—17 u. 18	5.91"	3.25"
7.50—15—16	8.05"	5.50"	5.50—17 u. 18	5.91"	3.25"
8.25—15 u. 16 vorgesehen	8.60"	6.00"	5.50—17 u. 18	5.91"	3.25"
7.50—15 u. 16	8.05"	5.50"	6.00—17 u. 18	6.16"	3.62"
8.25—15—16	8.60"	6.00"	6.00—17 u. 18	6.16"	3.62"
9.00—16 vorgesehen	9.30"	6.50"	6.00—17 u. 18	6.16"	3.62"
8.25—15 u. 16	8.60"	6.00"	6.50—17 u. 18	6.67"	3.62"
9.00—16	9.30"	6.50"	6.50—17 u. 18	6.67"	3.62"
9.00—16	9.30"	6.50"	7.00—17 u. 18	7.20"	4.19"
9.75—15 u. 16	10.00"	7.00"	7.00—17 u. 18	7.20"	4.19"
9.75—15 u. 16	10.00"	7.00"	7.50—17 u. 18	7.57"	4.19"

Derzeit ist das englische Programm für Super-Ballonreifen wie folgt:

5.25—16	6.00—16	7.00—16
5.50—16	6.50—16	7.50—15 u. 16

Größere Dimensionen sind erst später beabsichtigt.

Michelin in Frankreich hat in letzter Zeit vier Größen der Super-Ballonreifen in Zentimetertyp eingeführt. Diese Größen sind folgende:

130 × 40	ersetzen den	11 × 45-Zentimeterreifen
140 × 40	" "	12 × 45- "
150 × 40	" "	13 × 45- "
160 × 40	" "	14 × 45- "

Die Felgen für diese Größen entsprechen in Weite, Durchmesser und Konstruktion der gewöhnlichen Michelin-Bibendum-Type und weichen von der amerikanischen und englischen Standardtype ab, so daß für dieselben passende Spezialreifen konstruiert werden müssen.

Die nachfolgenden Belastungen und Luftdrucke werden durch die »Tire and Rim Association of America« auf Grund praktischer Versuche für Super-Ballonreifen empfohlen:

#### Superballonreifen (Low pressure) für Personenwagen

##### Belastungs- und Luftdruck-Tabelle

Mindest-Innen-Luftdruck in lbs per sq in	6.00		6.50		7.00		7.50	
	15	16	15	16	15	16	15	16
16	560	585	665	695	770	805	875	915
17	595	620	705	735	815	850	925	965
18	630	660	745	780	860	900	975	1020
19	665	695	785	820	905	945	1025	1070
20	700	735	825	865	950	995	1075	1125
21	735	770	865	905	995	1040	1125	1175
22	775	810	905	950	1040	1090	1175	1230

	8.25			9.00			9.75	
	15	16	17	15	16	17	15	16
16	985	1025	1070	1090	1135	1185	1195	1245
17	1040	1080	1130	1150	1195	1245	1260	1310
18	1095	1140	1190	1210	1260	1310	1330	1380
19	1150	1195	1250	1270	1320	1375	1395	1445
20	<i>1205</i>	<i>1255</i>	<i>1310</i>	1330	1385	1440	1460	1515
21	1260	1310	1370	1390	1445	1505	1525	1580
22	1315	1370	1430	1450	1510	1570	1590	1650
23	1370	1425	1490	1510	1570	1635	1655	1715
24	1425	1485	1550	1570	1635	1700	1720	1785

Anmerkung: Die in Kursiv gesetzten Ziffern bedeuten maximale Last für 4-Lagen-Reifen. Halbfett gesetzte Ziffern bedeuten maximale Last für 6-Lagen-Reifen.

Anmerkung 1: Die Wahl der Reifengröße soll auf Grund des durchschnittlichen Passagiergewichtes ermittelt werden, wobei per Passagier 150 lbs angenommen werden und wie folgt gerechnet wird:

Alle 2-, 3- und 4sitzigen Wagen — zweifache Passagierlast (gleichmäßig verteilt).

Alle 5sitzigen Wagen — dreifache Passagierlast (zwei gleichmäßig und eine über der Hinterachse).

Alle 7sitzigen Wagen — vierfache Passagierlast (zwei gleichmäßig und zwei über der Hinterachse).

Anmerkung 2: Diese Tabelle kann für Autobusse und Lastwagen nicht verwendet werden.

Anmerkung 3: Mit Rücksicht auf die Steuerung der Vorderräder und die Laufflächenabnutzung empfiehlt es sich, Vorderreifen mit dem gleichen oder größeren Druck als die Hinterradreifen aufzupumpen und die Ratschläge der Automobilfabriken zu beachten.

### Pneumatik-Hochdruck-Lastwagen und Omnibusballonreifen

**Geschichtliches.** Ogleich der Begriff der durch Kraft betriebenen Fahrzeuge für den Transport von Frachten ebenso alt und vielleicht noch älter ist als der Begriff der Personenwagen, verlief die Entwicklung langsamer. Das erstemal wurden Lastwagenautomobile in Amerika im Jahre 1904 registriert.<sup>6</sup>

In den ersten Stadien seiner Entwicklung wurde der Lastwagen als Lieferwagen verwendet. Seine Geschwindigkeiten waren niedrig, 8 bis 10 Meilen pro Stunde. Infolge der langsamen Entwicklung der Pneumatikreifen wurden Vollgummireifen verwendet. Diese genügten für die geringen Geschwindigkeiten und waren tatsächlich weit besser als die Stahlreifen, die an pferdebespannten Lastwagen gebraucht wurden. Da die Abfederung von Vollgummireifen kaum mit der von Pneumatiks zu vergleichen ist, waren die Lastwagenkonstruktionen viel kräftiger als heute. Diese schweren langsamen Fahrzeuge, die mit Vollreifen und auf schlechten Straßen fuhren, wurden als Ersatz für das Pferdelastrad für Lieferungen verwendet. Bei langen Strecken konnte an einem Wettbewerb mit Eisenbahnen nicht gedacht werden.

Die Entwicklung der Lastwagenreifen war sogar langsamer als die der Lastwagen. Erst 1898 wurde ein Versuch gemacht, sie zu verwenden. Auf

<sup>6</sup> Facts and Figures, National Automobile Chamber of Commerce 1931 S. 16



der Elektrizitäts-Ausstellung im Jahre 1898 in Madison Square Garden war ein elektrisch betriebenes Fahrzeug ausgestellt, das mit 3"-Pneumatiks ausgestattet war.<sup>7</sup>

Die Lastwagenreifenentwicklung hatte sich der parallel laufenden Entwicklung der Personenwagenreifen ganz angeschlossen; die ersten Aufgaben, die zu lösen waren, waren im wesentlichen dieselben. Die Entwicklungsarbeit der größeren Dimensionen begann erst 1907 und wurden Reifen der Größe  $38 \times 6''$  auf Feuerspritzen zuerst in Dienst gestellt.<sup>8</sup> Dabei wurde die bessere Abfederung der Pneumatikreifen, das bessere Anzugsmoment und die Möglichkeit größerer Geschwindigkeiten festgestellt.

In den nächsten zehn Jahren kamen neue Größen hinzu und der Lastwagenreifen folgte in seiner Entwicklung dem Clincherreifen, mittels Q. D., zum Gradseitreifen und vom Kreuzgewebe zum Cordgewebe. Es ist eine Tatsache, daß diese Entwicklung für Lastwagenreifen von größerem Vorteil war als für Personenwagenreifen. Bei  $4\frac{1}{2}''$  und darüber war bei Q. D. (Clincher) zwischen den Wulsten der Gebrauch von Sicherungen nötig. Diese waren kleine Plattensegmente im Reifen, derart an der Felge befestigt, daß sie die Wulstenden festhielten. Ohne sie würde die Wulst sich beim Kurvenfahren aufgestellt und den Schlauch verletzt haben. Defekte durch Einschneiden der Felge, die bei Clincher sehr gefährlich waren, sind bei Gradseitreifen praktisch ausgeschaltet. Der Übergang vom Kreuzgewebe zum Cord machte den Reifen gegen Loslösungen widerstandsfähiger, ebenso gegen Stoßdefekte und Brüche in der Schulterpartie. Dabei ermöglichte das Cordgewebe größere Geschwindigkeiten. Es wurde auch festgestellt, daß sich die Lebensdauer der Elektrolastwagen durch den geringeren Kraftverbrauch erhöhte.

Der erste wirkliche Impuls für die Lastwagenreifenentwicklung wurde im Jahre 1917 durch den Akron-Boston-Expresß von der Goodyear Tire & Rubber Company gegeben.<sup>9</sup> Bis zu dieser Zeit war die Verwendung von Pneumatiks ganz ungleich, man hatte keine entsprechenden Mittel zur Prüfung der Lastwagenreifen zur Verfügung. Der Akron-Boston-Expresß wurde hauptsächlich zu dem Zwecke eingerichtet, um neue Reifen zu entwickeln und um zu zeigen, was sie leisten können. Vorerst gab es manche Schwierigkeiten, um einen Lastwagen zu bekommen, der mit einer Geschwindigkeit von 30 Meilen pro Stunde fahren konnte. Die erste Fahrt wurde im April 1917 gemacht und erforderte einen Zeitraum von 18 Tagen für die Hinfahrt. Die Rückfahrt wurde nach verschiedenen Änderungen am Lastwagen und an den Reifen in 7 Tagen gemacht. In den folgenden  $2\frac{1}{2}$  Jahren wurden die Lastwagenreifen und die Straßen derart verbessert, daß die ganze Fahrt in  $5\frac{1}{2}$  Tagen gemacht werden konnte.

In dieser Zeitperiode war einer der Gründe für die Fortschritte die leichtere Lastwagenkonstruktion, die durch die bessere Abfederung der

<sup>7</sup> Doolittle, J. R., Romance of the Automobile Industrie S. 355

<sup>8</sup> Pearson, H. C., Pneumatic Tires S. 361

<sup>9</sup> Scott, M. D., Journal of the SAE 7 (1920) S. 375

Pneumatikreifen möglich wurde. Der für die erste Fahrt verwendete Lastwagen wog 15 800 lbs. und hatte ein Ladegewicht von 3850 lbs. In 21½ Jahren wurde das Lastwagengewicht auf 8000 lbs. mit 7000 lbs. Ladegewicht vermindert.

Mit der Einrichtung dieses Expreß begann die Entwicklung des Pneumatik-Lastwagenreifens, die sich bis zum heutigen Tage fortgesetzt hat. Vollreifen wurden fast gänzlich ersetzt, und jetzt sind sie in vielen Ländern verboten, da sie die Straßen beschädigen. Der Gebrauch von Pneumatiks machte größere Geschwindigkeiten möglich, zu deren voller Ausnutzung eine fortwährende Verbesserung der Reifen notwendig wurde. Die Entwicklung hat in den letzten Jahren einen solchen Höhepunkt erreicht, daß Lastkraftwagen mit den Eisenbahnen erfolgreich konkurrieren können.

Das System der Anwendung von Übergrößen, das viele Jahre für Personenwagen-Ballonreifen angewendet wurde und die Entwicklung desselben im Personenwagen-Ballonreifen wurde auch für Lastwagenreifen benutzt. 1919 begann die Verwendung von 10% Übergrößen, die sich 1925 auch auf den Omnibus-Ballonreifen erstreckte. Heute erfreut sich der Omnibus-Ballonreifen zunehmender Beliebtheit, insbesondere an Personenomnibussen, für die hochwertige Qualitäten mit geringer Abnutzung notwendig sind. Ähnlich den Personenwagenreifen wurden die ersten Lastwagenreifen aus Kreuzgewebe hergestellt, jedoch wurden mehr Einlagen verwendet. Die Erfahrungen ergaben beträchtliche Schwierigkeiten dieser Konstruktion bezüglich Erhitzung. Als Folge der außerordentlichen Erhitzung stellten sich Loslösungen der Einlagen, Platzungen und Zerstörungen ein. Die früher erzeugten Größen waren hauptsächlich 6"- und 7"-Querschnitte, aber später wurden schon 8"-, 9"-, 10"- und 12"-Reifen erzeugt. Durch den raschen Fortschritt und durch die Erfahrungen mit Cordgewebe bei Personenwagenreifen schien es wahrscheinlich, daß die Verwendung von Cord für Lastwagenreifen die vielen Probleme lösen würde, die bei Kreuzgewebe aufgetaucht waren. Tatsächlich wurde als Resultat der Versuche die Cordkonstruktion für Lastwagenreifen 1916 eingeführt, während des Jahres 1917 vollständig erprobt und von diesem Zeitpunkte als Standard angenommen.

**Vorteile.** Pneumatiks haben folgende Vorteile gegenüber Vollreifen:

- a) Raschere Transportmöglichkeit.
- b) Größere Sparsamkeit beim Fahrzeugbetrieb.
- c) Leichtere Steuerung.
- d) Größere Sicherheit infolge besserer Adhäsion und Bremswirkung.
- e) Geringere Gefahr für zerbrechliche Last.
- f) Geringere Straßenabnutzung.
- g) Verringerte Instandhaltungskosten und längere Lebensdauer der Fahrzeuge.

Eine frühere S. A. E.-Zusammenstellung (1914) zeigte folgende Lasten und Luftdrucke für Hochdruck-Lastwagendimensionen:



Felge und Reifengröße	Max. zulässige Last pro Reifen in lbs.	Luftdruck in lbs pro □"
34 × 5	1700 lbs.	80
36 × 6	2200 „	90
38 × 7	3000 „	100
40 × 8	4000 „	110
42 × 9*	5000 „	120
44 × 10	6000 „	130
48 × 12**	8500 „	140

\* Für eine 40 × 8"-Felge passend.

\*\* 47 × 12 war damals keine S. A. E.-Standardgröße. (S. A. E. — Society of Automotive Engineers.)

Heute ist seitens des Reifenbaues fortwährende Verbesserung des Reifens in allen seinen Teilen notwendig, um mit der konstanten Entwicklung des Motorlastwagens Schritt zu halten. Da die fundamentalen Prinzipien des Cordlastwagenreifens feststehen und durch jahrelange Benutzung sich als zuverlässig erwiesen haben, erfolgen diese Verbesserungen vor allem unter dem Gesichtspunkt der vielseitigen Verwendungszwecke und des schnelleren Transportes von Passagieren und Frachten.

Der zunehmenden Nachfrage nach größerem Komfort, größerer Schnelligkeit und Sicherheit entsprachen die Reifeningenieurere, indem sie ähnlich der Entwicklung des Personenwagen-Ballonreifens einen Omnibus-Ballonreifen schufen.

Auf diese Weise erhielt das Transportwesen alle jene Verbesserungen, die im Personenwagen-Ballonreifen vereinigt sind.

**Konstruktion.** Da bei der Konstruktion von Hochdruck-Lastwagenreifen und Ballon-Lastwagen- und Omnibusreifen dieselben Gesichtspunkte maßgebend sind wie bei Personenwagenreifen, wollen wir nicht zu viel in Einzelheiten eingehen. Wir wollen jedoch die wichtigsten Merkmale der Konstruktion dieser Reifentypen behandeln.

**Einlagen und Gummierung.** Mit Rücksicht auf die enorme Beanspruchung, der Hochdruck- oder Ballon-Lastwagenreifen standzuhalten haben, ist es notwendig, die beste Cordkonstruktion und die beste Qualität Baumwolle zu verwenden.

Die Cordkonstruktion soll derart sein, daß sie hitze- und biegunswiderstandsfähig ist.

Die Gummierung der Stoffe und das Belegen derselben mit Gummi muß, um vorzeitige Zerstörung zu verhindern, ebenfalls mit einem Material geschehen, das der Hitze widersteht.

Um die Reibungsarbeit in der Karkasse zu vermindern, empfiehlt es sich, an jenen Punkten, wo die Zerstörung eintritt, Verstärkungsgummiplatten beizulegen.

Diese Wirkung ist besonders stark unter der Lauffläche in den obersten zwei Lagen der Karkasse. Aus diesem Grunde ist es erfahrungsgemäß gut, eine besondere Isolierung in Form von dünnen Gummiplatten zuzugeben, die ungefähr über die Hälfte oder drei Viertel des Karkassen-

querschnittes reichen. Sie sind nicht für alle Lagen nötig, sondern nur für die, bei denen die Gefahr des Loslösens besonders groß ist.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Anzahl der Einlagen, die die meisten Erzeuger für Hochdruck- und Ballonlastwagenreifen verwenden.

Reifendurchmesser	Type	Einlagenzahl
5	Hochdruck	8
6	"	10
7	"	10
8	"	12
9	"	14
10	"	16
5.50	Ballon	6
6.00	"	6
6.50	"	6
7.00	"	8
7.50	"	10
8.25	"	10
9.00	"	10
9.75	"	12
10.50	"	12
11.25	"	14
12.00	"	14
12.75	"	14
13.50	"	16
15.00	"	18

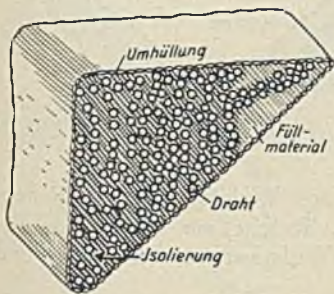


Abb. 286. Wulstkern

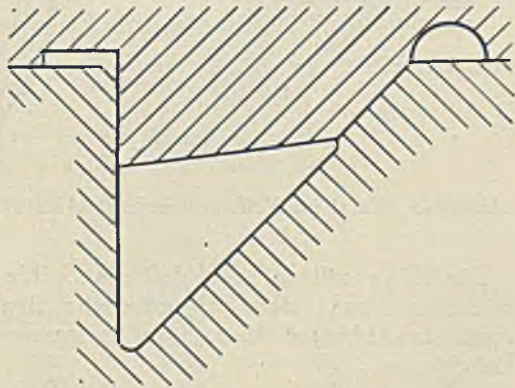


Abb. 287. 7"-Wulstheizform

**Wulstkern.** Der Wulstkern (Abb. 286) war immer ein Gegenstand vielseitiger Erörterung. Seine Konstruktion für die einzelnen Reifentypen ist sehr verschieden. Wir werden deshalb nur die meist gebräuchlichen Typen behandeln.



Abb. 287 zeigt den Querschnitt einer eisernen Heizform zum Pressen der Wulstkerne.

Bei richtiger Wulstkonstruktion ist auf Formgebung, Breite, Höhe, Durchmesser und Festigkeit besonders zu achten. (Draht mit hohem Kohlenstoffgehalt ist zur Erzielung der Festigkeit zu verwenden.)

Die Form ist durch verschiedene Faktoren bedingt, so durch die Fußbreite des geheizten Reifens, die Höhe, die mit der Felgenflansche abschneiden soll und die Menge des erforderlichen Materiales, die sich nach der Einlagenzahl, den Fahnen und Verstärkungen im Reifen richtet.

Die Form soll so sein, daß alle Einlagen usw. ihre richtige Lage behalten und nach der Vulkanisation nicht wellig oder bucklig werden.

Die Breite richtet sich ganz danach, welche geheizte Fußbreite im Reifen erwünscht ist und nach der Menge des Materiales, das um den Kern verwendet wird. Um ein Maximum an Stabilität zu erreichen, soll der Wulstkern möglichst breit sein.

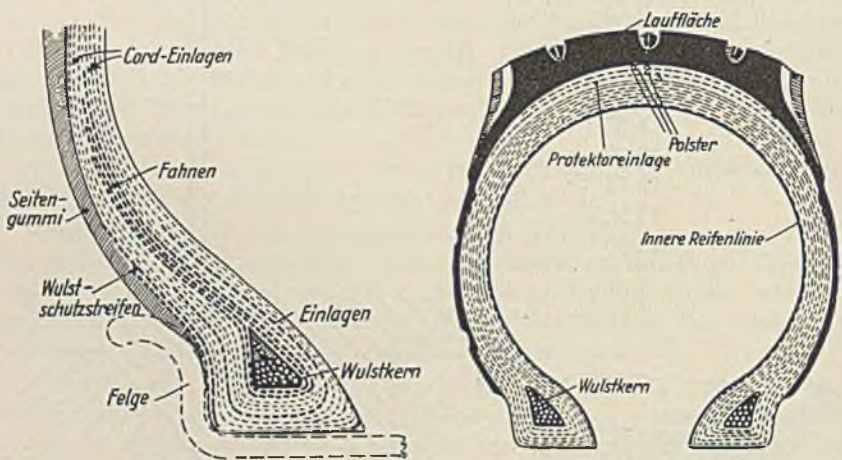


Abb. 288. Wulst im Reifenquerschnitt Abb. 289. 7"-Hochdruck-Lastwagenreifen

Die Höhe soll so sein, daß die Spitze des Wulstkernes unter dem höchsten Punkt der Felgenflansche liegt. Reicht sie höher, so erfolgt ein Abbiegen über diese Spitze des Wulstkernes, Loslösung und Defekte.

Der Wulstdurchmesser ist ein wichtiges Maß und muß in Übereinstimmung mit dem Felgendurchmesser und der Menge des Materiales im Wulstkern genauest bestimmt werden.

Ein wichtiger Sicherheitsfaktor ist die Festigkeit, um Wulstbrüche bei normaler Beanspruchung usw. zu verhüten. Eine sechsfache Sicherheit wird praktisch als genügend angesehen.

**Verbindung des Wulstkernes.** Mit Rücksicht auf den schweren Dienst, den Hochdruck-Lastwagen- und Omnibus-Ballonreifen zu leisten haben, muß die Konstruktion um die Wulst steif, fest und sicher sein.

Aus diesem Grunde wird bei allen Reifenerzeugern der Wulstverbindung besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Um das Spielen oder die Bewegung an der Felge zu verhüten, soll unter dem Wulstkern ein möglichst weiches, biegsames Material verwendet werden. Deshalb sind bei großen Reifenquerschnitten nicht alle Einlagen um die Wulst geschlagen. Sie enden je nach ihrem Aufbau an der Spitze oder am Fuße des Wulstkernes.

Einlagen von Kreuzgewebe (Riementuch), von geringerer Stärke als die Cordlagen, werden verwendet, um die Verbindung zu verstärken. Sie machen den Reifen fester und widerstandsfähiger gegen Abbiegen in der Wulstpartie. Diese Einlagen werden während des Aufbaues zwischen bestimmte Cordlagen eingearbeitet, gehen über den Wulstkern mit kurzen Abstufungen bis über die Spitze desselben in die Reifenwand.

Fahnenstreifen sind vom gleichen Material wie diese Einlagen und werden direkt am Kern angelegt. Ihre Funktion ist die gleiche; sie sichern den Wulstkern und stufen die Biegearbeit in der Wulstzone ab. Die Abb. 288 zeigt die Fahnen, Einlagen und Wulstschutzstreifen im Reifen.

**Polster** (Abb. 289). Polster sind im Lastwagenreifenentwurf und für die Konstruktion sehr wichtig, da sehr hohe Abscherwirkung während der Benutzung im Reifen eintritt. Die Funktionen des Polstergummis sind ähnlich denen bei Personenwagenreifen und unter »Personenwagenreifen« behandelt.

### Belastungs- und Luftdrucktabellen

Die nachfolgenden Tabellen werden empfohlen (Tire & Rim Association Standards):

*Lastwagen- und Omnibusreifen*  
Belastungs- und Luftdruck-Tabelle

Reifen - Querschnitt	Mindest- Luftdruck	18"	20"	22"	24"
5.50	40 lbs		1225		
6.00	45 lbs		1400		
6.50	50 lbs		1650		
7.00	55 lbs	1700	1900		
7.50	55 lbs	1900	2100	2250	2400
8.25	60 lbs	2300	2550	2800	2950
9.00	65 lbs	2900	3250	3500	3650
9.75	70 lbs	3500	3900	4200	4400
10.50	75 lbs		4700	5000	5200
11.25	80 lbs		5450	5800	6050
12.00	85 lbs		6250	6700	6950
12.75	90 lbs		7200	7700	8000
13.50	95 lbs		8200	8800	9100

Anmerkung 1: Für geringere Lasten, Luftdruck proportional geringer.



*Hochdruck-Lastwagen- und Omnibusreifen*  
Belastungs- und Luftdruck-Tabelle

Mindest- Luftdruck	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	110	120	130
Reifen- querschnitt und Felgen- durchmesser													
3½"	600	675	750										
4"		800	900	1000									
4½"		1050	1150	1250									
5"—20"			1325	1450	1575*	1700							
24"			1575	1700	1825	1950							
6"—20"				1700	1825	1950†	2075	2200					
24"					2125	2250	2375	2500					
7"—18"						1950	2100	2250	2550				
20"							2200	2350	2500	2800			
24"						2600	2750	2900	3200				
8"—20"								2775	2900	3250	3600		
24"								3125	3300	3650	4000		
9"—20"									3300	3700	4100	4500	
24"									3800	4200	4600	5000	
10"—20"										4150	4600	5050	5500
24"										4650	5100	5550	6000

Die in Kursiv gesetzten Ziffern bedeuten die maximal zulässige Last.

\* Maximallast nur für 6-Lagen-Reifen.

† Maximale Last für 8-Lagen-Reifen.

Zwillingsreifen tragen die doppelte Last wie einzelne Reifen.

### Flugzeugreifen

Die ersten Flugzeugreifen waren Clincher- oder Hakenwulstreifen. Während diese für die kleinen, leichten Fahrzeuge früher genügten, entsprechen sie für die heutigen schnelleren und schwereren Flugzeuge nicht mehr, da das Aufmontieren auf die Felge beschwerlich ist und die Reifen bei heftigen Landungen von den Felgen gerissen werden.

Die Gradseitreifen wurden früher an Flugzeugen nicht verwendet, weil eine entsprechende Felge nicht vorhanden war und da die bestehenden Typen der Automobilfelgen für Luftfahrzeuge zu schwer waren. Die Tiefbett-Gradseitfelgentype (drop-center oder well-base), die dann herausgebracht wurde, ermöglichte ein leichtes billiges Rad, das bald beliebt wurde und in Amerika die Clinchertype vollständig verdrängte.

Die metrischen Wulstreifengrößen werden in Europa noch allgemein gebraucht, gewöhnlich mit gewelltem Draht, um die Wulst zu verstärken. Diese Reifen passen auf die sogenannte »Z«-Felgentype, deren mittlerer Teil erhaben ist, um die Wulstspitze zu stützen und zweckmäßig in gleiche Höhe mit dem Hakenansatz reicht.

Alle vorerwähnten Reifen waren Hochdruckreifen, d. h. sie wurden mit einem Luftdruck von 50 lbs. bis 70 lbs. verwendet.

Im Jahre 1929 wurde der »Airwheel«- oder »Extra-low-pressure«-Reifen (mit besonders niedrigem Druck) gebracht, der speziell für Flugzeuge gebraucht wurde. Dies ist ein Reifen mit besonders großem Quer-

schnitt und sehr kleinem Nabendurchmesser, für Luftdrucke von 20 lbs. und weniger geeignet. Da dieser Reifen eine sehr große Berührungsfläche hat, kann er im Sand, Schlamm und Schnee gefahren werden, wo der gewöhnliche Hochdruckreifen einsinkt und steckenbleibt. Der »Airwheel«-Reifen wird in 16 Größen erzeugt mit Querschnitten von 5" bis 20" und Nabendurchmesser von 3" bis 8". Die Tragfähigkeiten der Reifen sind 500 bis 8700 lbs. mit Innendrucken von  $12\frac{1}{2}$  bis 20 lbs. per Quadrat-zoll. Diese Reifen haben Riefen in den Wulsten, die in entsprechende Vorsprünge in der Nabe passen, um zu verhindern, daß sich der Reifen beim Abbremsen dreht. Der Reifen sitzt, ohne Rad, direkt auf der Nabe.

Im Jahre 1930 wurde der »low-pressure«- oder »intermediate«-Reifen (Superballon oder Mittelding) für Flugzeuge eingeführt. Dieser Reifen ist ein Mittel zwischen Hochdruckreifen und »Airwheel«-Reifen. Sein Druck reicht von 20 bis 25 lbs. gegen 50 bis 70 lbs. für Hochdruck und  $12\frac{1}{2}$  bis 20 lbs. für »Airwheel«-Reifen. Derzeit sind 11 Größen von 5" bis 15" Querschnitt in Verwendung, mit einem Nabendurchmesser von 4 bis 16". Die Tragfähigkeit pro Reifen beträgt 500 bis 6200 lbs.

Flugzeugreifen müssen nach den gesetzlichen Bestimmungen wenigstens eine solche Festigkeit haben, daß sie dem dreifachen maximalen Arbeitsluftdruck standhalten. Wenn die Gewichtsbeschränkungen dieses erlauben, wird jedoch zweckmäßig ein vier- bis fünffacher Sicherheitsfaktor vorgesehen.

Die ersten Flugzeugreifen wurden mit glatter Lauffläche ausgeführt, da damals noch keine Bremsen gebraucht wurden. Obgleich noch heute viele solche Reifen verwendet werden, benutzt man jetzt bei Verwendung von Bremsen das Gleitschutzdessin. Da es den Luftwiderstand etwas erhöht, wird es seicht gehalten, um denselben auf ein Minimum zu reduzieren. Die Laufflächenstärke wird viel geringer gehalten als bei den entsprechenden Autoreifen, da die Abnutzung der Flugzeugreifen durchschnittlich sehr klein ist.

Zugleich mit der Verwendung von Bremsen für Flugzeuge kam auch der Ersatz des Gleitsporns durch das Schwanzrad (tail-wheel). Dies ist mit Rücksicht auf die Landungsgründe sehr wünschenswert, da der Gleitsporn die Oberfläche der Flugplätze aufreißt und so die Erhaltungskosten derselben erhöht. Das Schwanzrad kann ohne Bremsen ebensowenig verwendet werden, wie ein Schiff nicht ohne Winde verankert werden kann.

Die Einpreßtiefe bei Gradseit-Flugzeugreifen wird berechnet von der Höhe des Reifens über der Felgenflansche als Basis, nicht vom Querschnitt, wie dies bei Automobilreifen geschieht. Für Hochdruckreifen ergibt die Standardbelastung und der Standardluftdruck eine Einpreßtiefe von  $27\frac{1}{2}\%$  für Landungsräder und  $25\%$  für Schwanzräder. Bei Superballonreifen beträgt die Einpreßtiefe  $36.4\%$  für Landungsräder und  $29\%$  für Schwanzräder, während Airwheel-Reifen oder Extra-low-pressure-Reifen eine Einpreßtiefe von durchschnittlich  $35\%$  haben.



Beim Montieren von Clincher- und Hakenwulstreifen auf der regulären oder der »Z«-Felgentype müssen die Reifenwulste über die Felgenaußenseite gedehnt werden. Bei Gradseitreifen auf Tiefbettfelgen wird zuerst eine Wulst auf einer Seite in das Tiefbett eingelegt, das so tief ist, daß auf der entgegengesetzten Seite dieselbe Wulst über die Außenseite der Felgenflansche geschoben werden kann.

Super-Ballonreifen (low-pressure) werden auf Tiefbettfelgen montiert, während »Extra-low-pressure«- oder »Airwheel«-Reifen auf die Nabe montiert werden, die beidseitig abnehmbare Flanschen hat.

Flugzeugfelgen - Ausführungen (Abb. 290).

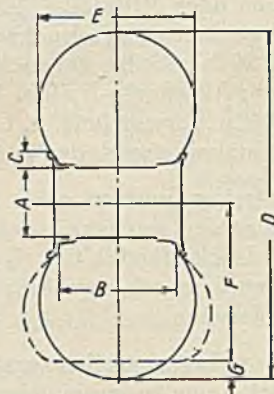
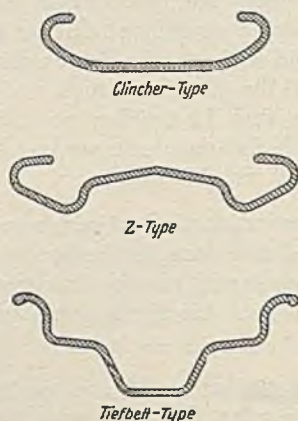


Abb. 290. Flugzeugfelgentypen    Abb. 291. Reifen für Landungsräder

### Hochdruck-Gradseit-Flugzeugreifen- und Räderkombinationen Landungsrädergrößen

Standard-Radgröße	Standard-Reifengröße	Uebergroße f. besondere Abfederung	Empfohlene max. Last lbs	Laifdruck in lbs	Max. Einpreistiefe %	Statische Last z. Platzen unter vorherigem Luftdruck	Min. Radfestigkeit		Ventil
							Radial	Seite	
24×4	24×4		850	50	27.5	3 500	7 000	2 500	Tr-62
		26×5	850	32	27.5	3 600			Tr-62
28×4	28×4		1 000	50	27.5	3 700	8 500	3 000	Tr-62
		30×5	1 000	32	27.5	3 800			Tr-63
30×5	30×5		1 600	50	27.5	5 100	16 500	3 300	Tr-63
		32×6	1 600	38	27.5	6 200			Tr-63
32×6	32×6		2 200	55	27.5	8 000	20 250	4 050	Tr-63
		36×8	2 200	35	27.5	9 800			Tr-63
36×8	36×8		4 000	60	27.5	13 500	30 000	6 000	Tr-63
		40×10	4 000	47	27.5	16 500			Tr-63
40×10	40×10		5 500	65	27.5	20 000	40 000	8 000	Tr-63
44×10	44×10		6 500	65	27.5	20 800	49 500	10 000	Tr-47
54×12	54×12		10 000	70	27.5	35 000	75 000	15 000	Tr-47
		58×14	10 000	55	27.5	39 000			Tr-48
58×14	58×14		13 000	70	27.5	50 000	75 000	15 000	Tr-48

*Hochdruck-Gradseit-Flugzeugreifen- und Räderkombinationen*  
Schwanzräderrößen

Standard-Radgröße	Standard-Reifengröße	Uebergöße f. besondere Abfederung	Empfohlene max. Last lbs	Luftdruck in lbs	Max. Einprelltiefe %	Statische Last z. Plätzen unter vorherigem Luftdruck	Min. Radfestigkeit	Radial	Seite	Ventil
10×3	10×3	12×4	400	55	25	1800				Tr-43
			400	37	25	2300				Tr-43
14×3	14×3	16×4	500	55	25	2000	3000			Tr-61
			500	37	25	2600				Tr-61
18×3	18×3	20×4	550	55	25	2200	5000	2000		Tr-61
			550	37	25	2800				Tr-61

*Gradseit-Hochdruck-Flugzeugreifen-Dimensionen*  
*Tire & Rim Ass'n Standard*  
Landungsräder

Radgröße	Felgendimensionen				Gegenwärtige Reifendimensionen			
	Weite zwischen d. Flanschen	Bord-Durchmesser	Standard-Reifengröße	Uebergöße f. besondere Abfederung	Querschnitts-Breite		Reifenhöhe über u. über	
					Min.	Max.	Min.	Max.
24×4	2½	16	24×4	26×5	3.96	4.04	23.90	24.06
					4.83	4.93	25.56	25.76
28×4	2½	20	28×4	30×5	3.96	4.04	27.90	28.06
					4.83	4.93	29.54	29.74
30×5	3	20	30×5	32×6	5.00	5.10	29.56	29.76
					5.83	5.95	31.31	31.53
32×6	4	20	32×6	36×8	6.17	6.29	31.33	31.55
					7.78	7.94	34.88	35.18
36×8	5	20	36×8	40×10	8.12	8.28	34.91	35.21
					9.74	9.95	37.99	38.35
40×10	6	20	40×10		10.07	10.28	38.04	38.40
44×10	6	24	44×10		10.07	10.28	42.04	42.40
54×12	7	30	54×12		12.00	12.26	51.63	52.07
				58×14	14.22	14.50	55.26	55.78
58×14	8	30	58×14		14.30	14.58	55.30	55.82

*Gradseit-Hochdruck-Flugzeugreifen-Dimensionen*  
*Tire & Rim Ass'n Standard*  
Schwanzräder

Radgröße	Felgendimensionen				Gegenwärtige Reifendimensionen			
	Weite zwischen d. Flanschen	Bord-Durchmesser	Standard-Reifengröße	Uebergöße f. besondere Abfederung	Querschnitts-Breite		Reifenhöhe über u. über	
					Min.	Max.	Min.	Max.
10×3	2½	4	10×3	12×24	3.12	3.18	10.24	10.36
					3.96	4.04	11.90	12.06
14×3	2½	8	14×3	16×4	3.12	3.18	14.24	14.36
					3.96	4.04	15.90	16.06
18×3	2½	12	18×3	20×4	3.12	3.18	18.24	18.36
					3.96	4.04	19.90	20.06

\* Die angegebenen Maße beziehen sich auf flache Laufflächen. Die Höhe »über und über« für Gleitschutzreifen ist etwas größer als die angegebenen Zahlen.



## »Extra-low-pressure« oder »Airwheel«-Reifen

## Reifen für Landungsräder (Abb. 291)

Nominelle Größe	Feigen-Durchm.	Felgenweite	Flanschenhöhe	Reifen-Ø	Reifen-Querschnitt	Radius unter Last	Einpneftiefe unter Last	Statische Last lbs	Luftdruck
	A								
16×7—3	3	5½	0.844	15.30×	7.19	5.75	1.90	600	12½
18×8—3	3	5½	0.844	17.57×	8.17	6.84	1.95	775	12½
19×9—3	3	5½	0.844	19.96×	9.45	7.63	2.35	1025	12½
22×10—4	4	7	1.250	21.90×	10.25	7.95	3.00	1500	15
25×11—4	4	7	1.250	24.42×	11.31	8.86	3.35	1900	15
27×12—5	5	9	1.250	26.16×	12.18	9.80	3.28	2600	17½
29×13—5	5	9	1.250	28.22×	13.39	10.38	3.73	3350	20
35×15—6	6	9	1.250	33.42×	15.44	12.23	4.48	4600	20
40×18—7	7	11	1.500	38.82×	17.84	13.60	5.80	7000	20
44×20—8	8	13	1.470	43.42×	20.39	15.19	6.52	8700	20

## Reifen für Schwanzräder

12×5—3	3	3½	0.844	11.99×	4.90	4.70	1.30	500	25
16×7—3	3	5½	0.844	15.30×	7.19	5.75	1.90	1050	25
18×8—3	3	5½	0.844	17.57×	8.17	6.84	1.95	1200	20
19×9—3	3	5½	0.844	19.96×	9.45	7.63	2.35	1600	20
22×10—4	4	7	1.250	21.90×	10.25	7.95	3.00	1900	20

## »Low-pressure«-Flugzeugreifen

## Reifen für Landungsräder

Größe	Felgenweite	Flanschenhöhe	Reifendimensionen				Max. Statische Last	Luftdruck
			Querschnitt		Außen-Ø			
			Min.	Max.	Min.	Max.		
7.00—5	5	11/10	6.74	6.95	16.91	17.25	800	15
6.50—10	4¾	11/10	6.50	6.63	21.70	21.94	1000	20
7.50—10	5½	11/10	7.50	7.65	23.50	23.77	1250	20
8.50—10	6¼	11/10	8.50	8.67	25.30	25.62	1600	20
9.50—12	7	13/10	9.50	9.69	29.10	29.44	2200	20
11.00—12	8¾	13/10	11.00	11.22	31.80	32.20	3000	23
12.50—14	9½	7/8	12.50	12.75	36.00	36.44	4000	25
15.00—16	11½	1	15.00	15.30	41.80	42.31	5200	25

## Reifen für Schwanzräder

5.00—4	3⅛	9/10	4.78	4.93	12.92	13.18	500	20
7.00—4	5	11/10	6.76	6.97	16.01	16.38	800	20
7.00—5	5	11/10	6.76	6.97	17.01	17.35	1000	20
9.00—6	6¼	¾	8.76	9.03	21.64	22.08	1600	20



Abb. 292—295. Flugzeugbereifung



Abb. 296. Flugzeugbereifung



Abb. 297—299. Traktor mit Airwheel-Bereifung



*Belastungs- und Luftdruck-Tabelle für Flugzeugreifen (Hochdruck)  
Tire & Rim Ass'n Standard*

Reifen für Landungsräder										
Mindest- luftdruck	24×4	28×4	26×5	30×5	32×6	36×8	40×10	44×10	54×12	58×14
Max. Last pro Reifen in lbs										
30	510	600	810	950						
35	595	700	945	1120	1400	2330				
40	680	800	1080	1280	1650	2670	3390			
45	765	900	1215	1440	1800	3000	3810	4500	6430	
50	850	1000	1350	1600	2000	3330	4230	5000	7150	
55					2200	3670	4650	5500	7850	10 200
60						4000	5080	6000	8570	11 100
65							5500	6500	9280	12 100
70									10 000	13 000

Reifen für Schwanzräder							
Mindest- luftdruck	10×3	14×3	18×3	12×4	16×4	10×4	
30	225	275	300	325	400	450	
35	260	320	350	380	470	525	
40	295	365	400	435	540	600	
45	330	410	450	490	610	675	
50	365	455	500	545	680	750	
55	400	500	550	600	750	825	

Die in Kursiv gesetzten Ziffern geben die empfohlene statische Last.

Die Abb. 292 bis 299 zeigen die Verwendung von Airwheel-Reifen mit sehr kleinem Durchmesser.

### Pneumatik-Schienenreifen

Die Verwendung von Pneumatikreifen beschränkte sich in den letzten Jahren im allgemeinen auf Fahrzeuge, die auf Landstraßen benutzt werden. Michelin in Frankreich fand während 1930/31 einen neuen Verwendungszweck für Pneumatikreifen, und zwar zur Benutzung auf Eisenbahngleisen.

Diese neue Erfindung ist unter den Namen »Pneumatik-Schienenreifen« bekannt.

Die Reifengröße, die konstruiert wurde und an einzelnen Fahrzeugen in Frankreich und in Amerika in Verwendung ist, hat  $4\frac{1}{2}$ " Querschnitt und paßt auf eine Felge mit 24" Durchmesser. Die Reifen haben 6 Einlagen und werden mit 85 lbs. pro Quadratzoll aufgepumpt.

Im Aufbau wird die gewöhnliche Hochdruck-Karkasstruktur verwendet, bei der die Karkasemischungen von großer Hitzewiderstandsfähigkeit sind. Das Laufflächendessin ist sehr flach und hat leicht diagonal stehende Vertiefungen. Der Zweck eines solchen Dessins ist, die Schienen zu reinigen und das Wasser zu entfernen, wenn die Schienen naß sind. Da die Abnutzung wegen der geringen Abradierung sehr gering ist, kann die Lauffläche viel schwächer gehalten werden als bei Standardreifen.

Michelin in Frankreich und England erzeugen diese Reifen und haben an die Goodyear Tire & Rubber Company in Amerika die Lizenz vergeben. Auch die Waggons und Fahrzeuge werden unter der Leitung von Michelin hergestellt. So hat in Amerika die Budd Wheel Company die Lizenz für die Fabrikation.

Die Abb. 300 und 301 geben ein klares Bild über die Funktion der Schienenreifen.

Um zu verhindern, daß der Wagen im Falle eines Reifendefektes aus den Schienen springt, ist im Reifen an der Basis der Felge ein besonderer Sicherheitsring verankert. Dieser Sicherheitsring steht vertikal und hat bei voller Last und Einpressung einen Spielraum von ungefähr  $\frac{3}{4}$ " von der Innenseite des Reifens. Wenn der Reifen platt wird, senkt sich das Rad nur um  $\frac{3}{4}$ " und das Fahrzeug kann bis zur nächsten Station weiterfahren, wo der Reifenwechsel in der gleichen Art und Weise wie bei Personenwagen durchgeführt wird. Seitlich am Reifen ist eine

Flansche am Rade befestigt, die die Führung entlang der Schiene besorgt. Die Flansche ist der gebräuchlichen Radflansche bei Eisenrädern ähnlich und hat auch dieselben Funktionen wie diese.

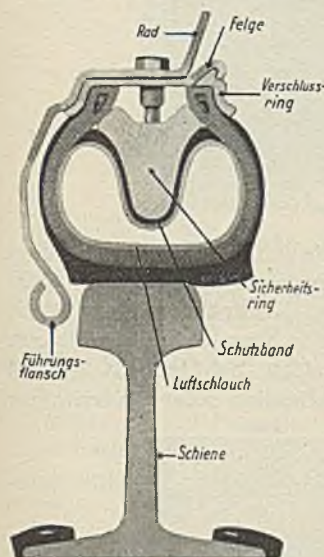


Abb. 300. Querschnitt durch den Michelin-Schienenreifen

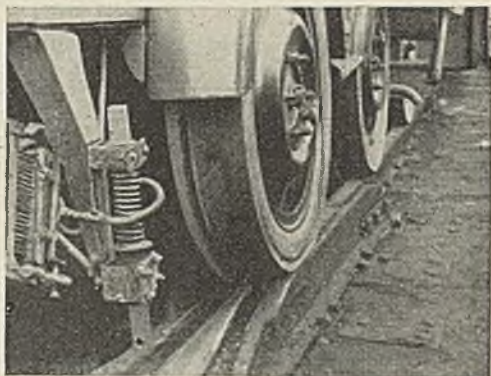


Abb. 301. Michelin-Schienenreifen

Wir beschreiben nachfolgend die Vorteile für die Einführung und die Verwendung von Fahrzeugen, die mit Pneumatik-Schienenreifen ausgestattet sind.

a) **Leichtes Gewicht der Fahrzeuge zulässig.** Dies ist möglich, infolge der größeren Adhäsion von Gummi. Pneumatikreifen haben im Vergleich zu Stahlrädern eine dreimal so große Adhäsion. Dieselbe Zugkraft am Schienenkopf kann mit ein Drittel des Gewichtes erzielt werden, das für Stahlräder nötig ist. Ferner nimmt der Pneumatikreifen alle Stöße und Erschütterungen auf, so daß das Fahrzeug leicht konstruiert werden kann.

b) **Bequemlichkeit für die Passagiere.** Waggons, die mit Pneumatikreifen ausgestattet sind, laufen sehr ruhig und ohne Erschütterungen und bieten denselben Komfort wie Pullmanwagen. Bei Maximalgeschwindigkeiten von 60 Meilen pro Stunde kann man Gespräche im gewöhnlichen Ton führen und ebenso sicher herumgehen wie auf festem Boden.



c) **Schnelligkeit, Beschleunigung und Bremsen.** Die von Michelin angegebenen Daten seiner Fahrzeugtype Nr. 9 sind folgende:

Motor: Vierzylinder-Panhard 27 HP.

Getriebe: Vier Geschwindigkeiten voll ausnutzbar für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt.

Antrieb: Direkter Antrieb auf die Mittelachse, Kettenantrieb der Vorderachse von der Mittelachse.



Abb. 302. „Micheline“-Triebwagen

**Geschwindigkeit und Beschleunigung:** Mit stehendem Start kann eine Geschwindigkeit von 50 Meilen pro Stunde in einer Distanz von 1000 Yards ungefähr in einer Minute erzielt werden. Die Fahrgeschwindigkeit ist 55 Meilen pro Stunde, maximal 60 Meilen pro Stunde. Spätere Typen erreichten beträchtlich höhere Geschwindigkeiten. Schätzungsweise ist die durchschnittliche Geschwindigkeit, einschließlich aller Aufenthalte



Abb. 303. Type Michelin, 48plätziger Triebwagen von Budd

auf Nebenlinien, 25 bis 45 Prozent höher als die Normalgeschwindigkeit mit Dampf betriebener Züge.

**Bremsweg.** Ein Fahrzeug dieser Type kann ebenso rasch wie ein Personenkraftwagen abgebremst werden. Bei Geschwindigkeiten von 60 Meilen pro Stunde ist es möglich, im Bedarfsfalle auf eine Distanz von 70 Yards anzuhalten.

In der Verkehrskontrolle sind Ersparnisse möglich, weil ganze Eisenbahnzüge wie bei Dampftrieb unnötig sind; jedes Fahrzeug ist selbst angetrieben und kann als selbständige Einheit fahren. Wenn der Verkehr

steigt, können so viele Einheiten wie notwendig auf dem Gleise eingeschoben werden.

Signalsysteme, Straßenkreuzungsschranken und Bahnhöfe können infolge der einfachen Kontrolle und des kurzen Bremsweges entfallen.

Die Wagen können fast überall anhalten, um Passagiere aufzunehmen und doch eine hohe Durchschnittsgeschwindigkeit einhalten.



Abb. 304. „Micheline“-Triebwagen

Die nachfolgende Tabelle zeigt die ungefähren Ladegewichte und die Gewichte der gegenwärtigen Schienenfahrzeugtypen:

Michelin:	24 Passagiere . . . . .	Gesamtgewicht beladen 16.500 lbs
Budd:	48 Passagiere . . . . .	Gesamtgewicht beladen 28.000 lbs
Michelin:	24 Passagiere .	Zahl der Reifen 10, Last per Reifen 1650 lbs
Budd:	48 Passagiere .	Zahl der Reifen 14, Last per Reifen 2000 lbs

Die Abb. 302 bis 304 zeigen den Schienenreifen in Verwendung und die neuesten Typen dieser Schienenfahrzeuge.

## Die Erzeugung des Pneumatikreifens

Fast alle Reifenfabriken der Welt verwenden heute zur Erzeugung solche Methoden, die für sie die zweckentsprechendsten sind.

Wo es möglich ist, werden mechanische Hilfsmittel zur Erzeugung verwendet, um bei niedrigsten Selbstkosten ein gutes und gleichmäßiges Produkt zu erhalten.

Obgleich die mechanischen Ausrüstungen in den Fabriken verschieden sind, wird doch schließlich der gleiche Endzweck erreicht.

Statt zu viele Methoden zu behandeln, wollen wir nur die gebräuchlichsten, die am meisten von Interesse sind, beschreiben.

### Allgemein gebrauchte Erzeugung des Aufbaues

- a) Kernringmethode mit Hilfe von Maschinen (Abb. 305).
- b) Trommelmethode mit Hilfe von Maschinen (Abb. 306).

In früheren Jahren wurde nur die Kernringmethode verwendet; heute werden Kernringe nur für große Hochdruck-Lastwagen- und Ballondimensionen benutzt.



In den letzten zehn Jahren wurde die Trommelmethode ausschließlich bei allen Personenwagenreifen angewendet.

### Reifenbestandteile oder Einzelteile in der Konstruktion

- a) Einlagen (mit Gummi imprägniert).
- b) Zwischenplatten oder Gummipplatten zwischen den Einlagen.
- c) Wulst mit Fahnen.
- d) Wulstschutzstreifen mit Gummistreifen.
- e) Polster.
- f) Protektoreinlagen.
- g) Lauffläche.
- h) Seitenwand.

### Behandlung der Bestandteile und Einzelheiten

Alle Bestandteile, die zum Reifenaufbau nötig sind, werden in den meisten Fabriken in besonderen Abteilungen vorbereitet und dann in die Reifenabteilung gesandt, wo sie zum Reifen vereinigt werden.

a) Die Einlagen werden auf der Stoff-Schrägschneidemaschine auf bestimmte Breite und bestimmte Winkel zugeschnitten. Die Länge ist bei der Anfertigung aus Rollen nicht von Belang; wird jedoch die Karkasse aus geschlossenen Bändern erzeugt, so werden die Einlagen auf Längen zugeschnitten.

b) Zwischenplatten in dünnen Gummistreifen werden auf folgende Arten verarbeitet:

1. Am Kalander in dünnen Platten gezogen und von Hand auf die Einlagen gelegt.
2. Nachdem die Einlagen auf bestimmte Breite geschnitten sind, werden die Zwischenplatten direkt vom Kalander aufgepreßt.
3. Können dieselben während des Aufbaues des Reifens aufgelegt werden.

c) Alle Wulste werden vor ihrer Verwendung zugerichtet. Die Wulste haben folgende Bezeichnungen:

1. Halbvulkanisiert vor Verwendung.
2. Unvulkanisiert vor Verwendung.

Halbvulkanisierte Wulste werden auf Spezialformen erzeugt und in runden Wulstformen vorvulkanisiert.

Die Oberfläche, die nach diesem Arbeitsgang hart und glänzend aussieht, wird auf Rauhmachines aufgeraut. Dann wird der Wulstkern in

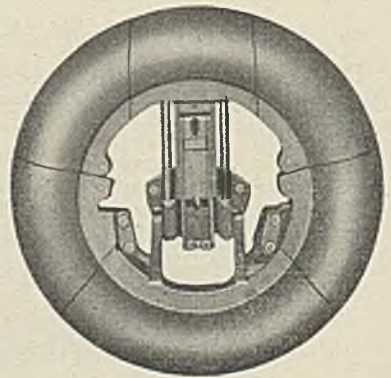


Abb. 305. Geteilter Kernring für Reifenerzeugung

Gummilösung getaucht und sorgfältig getrocknet. Er ist dann für das Anbringen der Fahnen fertig.

Unvulkanisierte Wulste werden in einer Form in den gewünschten Dimensionen und Stärken erzeugt. Die Fahnen sollen unmittelbar nach der Fertigstellung aufgelegt werden.

Die Fahnen werden sowohl für halbvulkanisierte als auch für unvulkanisierte Wulste im allgemeinen direkt auf den Wulstkern aufgelegt.

d) **Wulstschutzstreifen** — mit Verwendung von Gummistreifen. Die Wulstschutzstreifen werden auf bestimmte Breiten, Längen und Winkel in Form einzelner Streifen geschnitten, hierauf der Länge nach mit Gummistreifen belegt und zu einem Stück zusammengesetzt.

Die Gummistreifen werden sorgfältig unter, über oder zwischen die Wulstschutzstreifen gelegt, wie dies die Konfektion gerade verlangt. Die Wulstschutzstreifen sollen während des Aufbaues des Reifens auf einmal

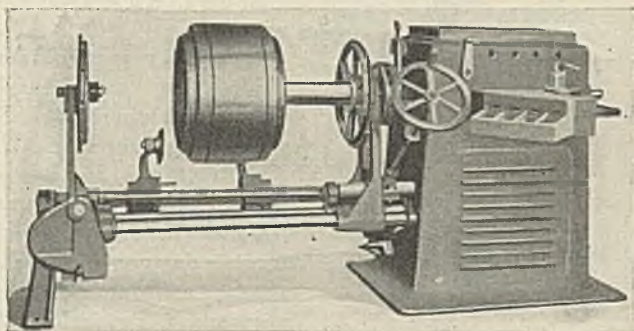


Abb. 306. Maschine zur Erzeugung von Reifen nach der Trommel-(Flat band-)Methode

angelegt werden. Die Gummistreifen können ebenfalls erst bei der Reifenerstellung aufgelegt werden.

e) **Polstergummi**. Polstergummi sind am Kalandr gezogene Gummipplatten von bestimmter Stärke, die auf spezielle Maße zugeschnitten werden. Sie können auf die Laufflächeneinlage aufgelegt werden, mit welcher zusammen sie dann im Reifen eingebaut werden, oder sie werden gesondert bei der Reifenerzeugung eingearbeitet. Die Verbindung mit den Laufflächeneinlagen kann am Kalandr oder von Hand aus auf Tischen erfolgen. Bei Verwendung dieser Methode erfolgt der Einbau von Laufflächeneinlage und Polstergummi im Reifen als ein gemeinsames Ganzes.

f) **Laufflächen-Einlagen** werden ähnlich dem anderen Gewebe im Reifen vorbereitet und nachher in bestimmtem Winkel, Breite und Länge zugeschnitten. Wenn sie nicht mit dem Polstergummi zusammengesetzt werden, wie unter e) angegeben, so sind sie nun fertig für die Reifenerzeugungswerkstätte. Manche Fabriken rollen Laufflächeneinlagen und Polstergummi in einem endlosen Band auf und schneiden die nötige Länge bei der Reifenerzeugung ab.



g) **Laufflächen.** Es gibt drei Methoden zur Herstellung:

1. Das Ziehen am Kalander nach einem bestimmten Profil.
2. Das Spritzen auf der Schlauchmaschine nach einem bestimmten Profil.
3. Aus dünnen am Kalander gezogenen Platten von verschiedener Breite wird ein bestimmtes Profil zusammengesetzt.

Die ersten beiden Methoden sind die besten und werden allgemein verwendet.

Nachdem die Laufflächen genügend abgekühlt sind, um ein Einspringen (Verkürzung) zu verhindern usw., werden sie auf die verlangte Länge abgeschnitten und in die Reifenabteilung geliefert und sind fertig zur Verarbeitung.

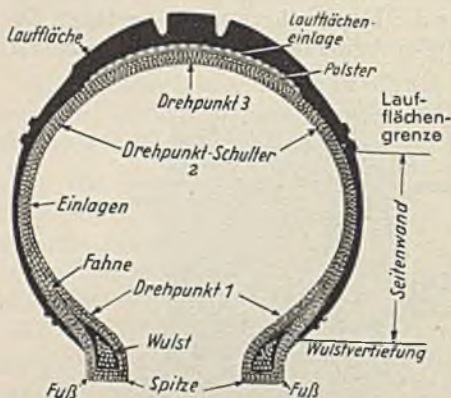


Abb. 307. Querschnitt mit Bezeichnung der einzelnen Reifenteile

h) **Seitenwände.** Die Seitenwände werden aus kalandergezogenem oder gespritztem Material, ähnlich der Lauffläche, hergestellt. Wenn gleichmäßige Stärke erwünscht ist, so ist die Methode des Kalandrierens die beste. Bei verschiedenen Stärken werden die Kalendarrollen entsprechend bombiert oder entsprechende Mundstücke an der Schlauchmaschine verwendet. Bei beiden Arten werden lange Stücke gezogen, die in der Reifenwerkstätte oder schon in

der Vorbereitung auf gewünschte Längen abgeschnitten werden; die Aufbewahrung bis zur Erzeugung erfolgt in Stoffbüchern.

Die Abb. 307 zeigt die einzelnen Bestandteile des Reifens und ihre Anordnung im Reifen.

## Erzeugungsmethoden

### Kernringmethode

Für diese Art der Erzeugung werden heute allgemein zusammenklappbare Kernringe verwendet, die auf einer Reifenerzeugungsmaschine montiert werden.

Die erste Arbeit ist das Einstreichen des Kernringes mit Gummilösung, und zwar etwas über und unter der Kernringeinbuchtung. Dies geschieht, um der ersten Einlage am Kernring genügenden Halt zu geben, damit die folgenden Lagen und die ganze Karkasse zusammenhaften, ohne vom Kernring loszugehen.

Die nachfolgende Arbeit kann auf zweierlei Art gemacht werden:

- a) aus einzelnen Lagen aus Rollen,
- b) in Bandform.

Unabhängig von der verwendeten Arbeitsmethode ist es wichtig, daß die Einlagen richtig zentriert und von Lage zu Lage richtig verteilt werden. Dies ist notwendig, damit die einzelnen Cordfäden am ganzen Umfang gleichen Abstand haben.

Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die Dehnung der Einlagen am Kernring. Da sich die Durchmesser vom Außenumfang des Kernringes bis zur Ausbuchtung stark ändern, ist es notwendig, die Lagen mit 12 bis 20% Spannung aufzuziehen, je nach Querschnitt und Durchmesser, damit Falten und Buckel in der Wulst vermieden werden. Dies ist auch notwendig, damit das Anrollen der Lagen auf mechanischem Wege einwandfrei erfolgen kann.

Bei einem Reifen mit acht Lagen wird die Wulst zwischen vierter und fünfter Lage angesetzt. Ist dies geschehen, so folgt die Anarbeitung der fünften, sechsten, siebenten und achten Lage.

Das Umschlagen der Stoffe um die Wulst beginnt, nachdem die Wulst angesetzt ist. Von den ersten vier Lagen wird die nötige Anzahl umgeschlagen, dann werden die restlichen Lagen aufgezogen und niedergearbeitet.

Nachdem die Karkasse derart fertiggestellt ist, folgt die Anarbeitung der anderen Teile.

#### Wulstschutzstreifen

Diese werden als Ganzes mittels mechanischer Behelfe in einem bestimmten Abstand über der letzten Lage angelegt. Dann erfolgt sorgfältiges Anrollen an der Auflagestelle und über die ganze Oberfläche bis in die Wulstpartie.

#### Laufflächeneinlagen und Polstergummi

Laufflächeneinlagen und Polstergummi kommen als Ganzes vereinigt zum nächsten Arbeitsgang. Man wendet verschiedene Arbeitsmethoden an, solche von Hand aus und Zentrieren durch Messung oder mechanische Hilfsmittel und mechanische Zentrierung. Bei diesen Arbeitsmethoden wird die Laufflächeneinlage samt Polstergummi in Rollen eingerollt, von diesen abgezogen auf die Karkasse aufgelegt und die Enden zusammengesetzt.

Wenn die Laufflächeneinlage (breaker) in Bandform aufgelegt wird, so ist besondere Sorgfalt nötig, um sie richtig zu zentrieren und Ungleichheiten rund um den Reifen auszugleichen.

#### Laufflächen

Für kleinere Kernringreifen (4½ bis 5") wird die Lauffläche und die Oberfläche der Seitenwand zusammen im gewünschten Profil am Kalandr oder auf der Schlauchmaschine gezogen.

Bei der Verarbeitung ist besonders darauf zu achten, daß die Lauffläche sorgfältig und genau zentrisch aufgelegt wird.

Nach dem Zentrieren wird die Lauffläche gut niedgerollt, mechanisch oder von Hand aus, wobei an der höchsten Stelle des Reifens begonnen und fortschreitend zur Wulst weitergegangen werden muß. Dies ist



wichtig, damit alle zwischen Lauffläche und dem darunter befindlichen Material eingesperrte Luft entfernt wird. Wenn nach dem Anrollen eingeschlossene Luft bemerkt wird, muß dieselbe durch Aufstechen mit einer spitzen Ahle entfernt werden.

Ein Überschuß an Laufflächen-(Seitenwand-)Material ist meist notwendig, damit die Lauffläche etwas breiter wird als absolut notwendig. Der Überschuß wird an der betreffenden Stelle abgeschnitten. Dies geschieht entweder maschinell oder mit der Hand, wobei ein U-förmiges Messer verwendet wird.

Wenn die Verarbeitung aus drei Stücken erfolgt (Laufflächenmitte und zwei Seitenteile), wie dies meist für große Querschnitte geschieht, ist die Verarbeitung der Lauffläche im allgemeinen die gleiche wie mit einem Stück. Nur braucht die Dehnung zum Kernring nicht so groß zu sein, da sich die Platten leicht anrollen lassen, weil die Durchmesser nicht sehr verschieden sind.

Nachdem der mittlere Teil gut angerollt ist, können die Seitenwände aufgelegt werden.

### Seitenwände-Arbeitsweise

Die Seitenwände werden so aufgelegt, daß sie mit den Laufflächenenden zusammenstoßen oder etwas darüber hinausragen. Der Stoß wird zusammengestept oder die Enden abgeschürft und dann wie bei der in einem Stück gezogenen Laufflächenkonstruktion niedergebügelt. Das Abschneiden des Überschusses bei der Wulst erfolgt wie bei dieser Konstruktion. Scharfe Kanten bei der Verbindung von Lauffläche und Seitenwand müssen gut zugeschürft werden, da sonst Fremdkörper (Federweiß usw.) während der Vulkanisation hineingezogen werden können, die Überpressungen hervorrufen.

Der unvulkanisierte Reifen ist jetzt fertig und der Kernring kann ausgenommen werden. Durch Ausziehen einzelner Sektionen des Kernes entsteht eine solche Verringerung des Kernringumfanges, daß die übrigen Teile desselben leicht aus dem Reifen entfernt werden können.

Dieser unvulkanisierte Reifen wird durch erfahrene Kontrollorgane überprüft, um während des Arbeitsprozesses vorgekommene Fehler festzustellen. Werden solche nicht gefunden, so wandert der Reifen mit dem Vermerk »geprüft« zum nächsten Arbeitsprozeß, d. i. der »Innenanstrich«.

### Innenanstrich des Reifens

Die ganze Oberfläche der Inneneinlage wird mit einer Lösung eingestrichen und dann gut getrocknet. Der Zweck dieses Vorganges ist:

1. Zu verhindern, daß der Reifen während des Heizprozesses an den Luft- oder Wasserschlauch anvulkanisiert.
2. Die erste Einlage mit einer Schutzschicht zu umgeben.
3. Zu verhindern, daß der Luftschlauch während der Benutzung anklebt.

Bei Verarbeitung des Innenanstriches soll darauf geachtet werden, daß die Lösung nicht in Verbindungsstellen fließt oder über die Seitenwände auf das Äußere des Reifens spritzt.

Dringt die Lösung in Verbindungsstellen, so leidet die Verbindung der einzelnen Cordlagen untereinander oder die der Cordfäden mit den Wulstschutzstreifen, da gewisse Sorten der Innenanstrichlösungen die Verbindung stören (durch Federweißbeimengung o. dgl.). Werden die Seitenwände bespritzt, so ist die Reinigung nach dem Heizen schwierig und leidet dadurch das Aussehen.

Der Reifen ist jetzt fertig zum Einlegen der Heizschläuche.

### Einlegen der Heizschläuche

Luft- oder Wasserschläuche (air oder water bags) werden entweder von Hand aus oder mittels mechanischer Vorrichtungen in den Reifen eingelegt. Zuerst muß der Schlauch in genügendem Ausmaße zusammengeklappt werden. Besondere Schwierigkeiten bieten große Lastwagen-dimensionen; da sie sehr schwer und steif sind, lassen sie sich schwer zusammenklappen und sind schwer zu handhaben. Diese Schwierigkeiten werden bei sehr kleinen Reifendurchmessern und großem Querschnitt noch schlimmer, da man einen großen Schlauch in und durch eine verhältnismäßig kleine Öffnung bringen muß.

Die Heizschläuche sollen im ungeheizten Reifen genau zentrisch sitzen, andernfalls Fehler im vulkanisierten Reifen vorkommen, und zwar verpreßte Wulst, ungleiche Wulstspitzen und ungleiche Wulstbreiten.

Der Reifen ist jetzt fertig zur Heizung.

### Trommelreifenerzeugung

Wie früher erwähnt, verwenden die meisten Fabriken die Trommel-methode zur Erzeugung der Personenwagenreifen. Die Einzelteile und die Bearbeitungsmethoden derselben für die Trommelreifen sind hinsichtlich der Anzahl und Art die gleichen wie bei Kernringreifen.

Zum Arbeiten wird die Trommel wie bei der Kernringmethode auf eine Reifenerzeugungsmaschine montiert. Die Trommeln sind klappbar, um das Abnehmen des fertigen Reifens zu erleichtern.

Vor Auflegen der Stoffe müssen die Flanschen der Trommel mit einer dünnen Gummilösung eingestrichen werden, um eine klebrige Oberfläche zu erhalten, damit die ersten Stoffe gut an der Trommel haften. Die folgenden Einlagen haften untereinander und ebenso die einzelnen Bestandteile, die dann verarbeitet werden.

Die Verarbeitung der Trommelreifen unterscheidet sich von den Kernringreifen darin, daß keine Dehnung erforderlich ist. Dies ist deshalb möglich, da sich der Durchmesser der Trommel nicht wie bei Kernringen ändert.

Die Arbeit des Niederrollens erfolgt tatsächlich auf einer flachen Oberfläche.



### Wulste

Für die Trommelreifen werden gewöhnlich unvulkanisierte Wulsttypen verwendet. Die Wulste haben runde oder tropfenartige Form und werden an einer bestimmten Stelle von Hand oder mittels mechanischer Behelfe aufgelegt. Vulkanisierte Wulste werden nicht verwendet, da die

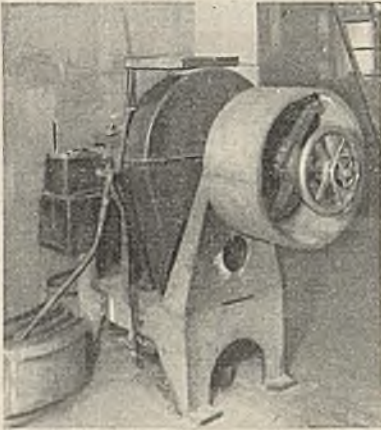


Abb. 308. Type einer Trommel für Erzeugung

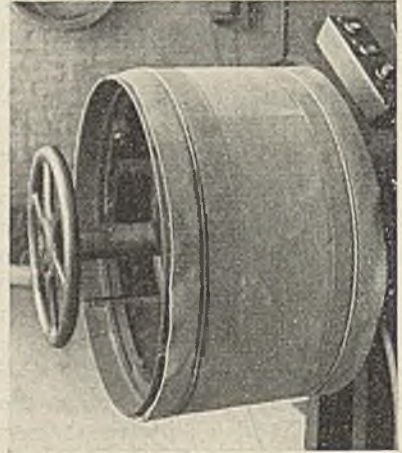


Abb. 309. Die ersten zwei Lagen und die Wulste auf der Trommel

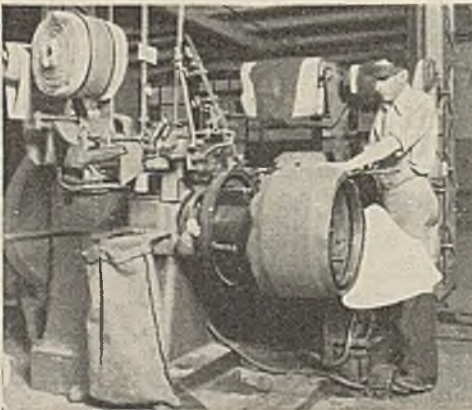


Abb. 310. Maschinenarbeit, Trommelmethode (Das Anlegen der ersten zwei Lagen)



Abb. 311. Trommelreifen nach dem Abnehmen von der Trommel.

Verbindung um die Wulst dem Verdrehen nicht standhält und erfahrungsgemäß Schwierigkeiten entstehen, wenn die heute allgemein gebräuchlichen Typen der Trommeln benutzt werden.

Die Arbeitsgänge, die weiter notwendig sind, um den unvulkanisierten Reifen von diesem Punkte weiter aufzubauen, sind ähnlich der Kernring-

reifenerzeugung, so daß wir dieselben nicht wiederholen. Vor Einlegen des Heizschlauches muß jedoch der Reifen aus seiner flachen Form in eine dem Kernring ähnliche Form gebracht werden.

Diese wird folgendermaßen erreicht:

1. Einlegen eines Luftschlauches und Aufpumpen.
2. Verwendung von Maschinen zum Ausdehnen und Formen.
3. Verwendung von Vakuumkasten (sogen. vacuum box).
4. Maschinelles Einlegen von Schläuchen durch Fliehkraft.

(Bei diesem Formprozeß verdreht sich der Wulstkern.)

Nachdem der Reifen geformt ist, kann der Heizschlauch eingelegt werden. Dann ist der Reifen für die Heizung fertig.

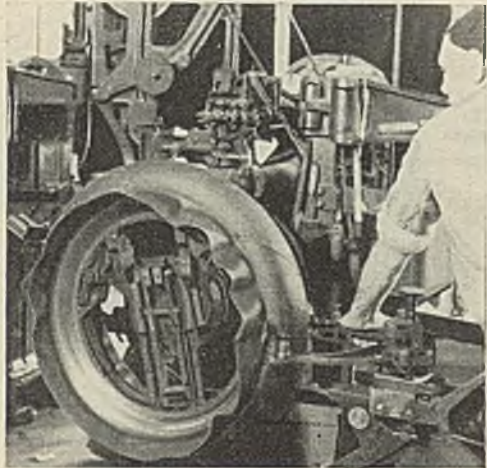
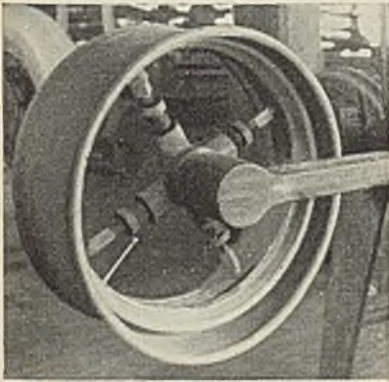


Abb. 312. Eine Methode zum Formen der Trommelreifen

Abb. 313. Niederrollen der ersten Einlage Reifenaufbau mit Kernring

Die Abb. 308 bis 316 zeigen die verschiedenen Arbeitsgänge und die maschinelle Einrichtung zur Erzeugung.

Bis auf die Heizung, die im folgenden Abschnitt behandelt wird, ist über die Erzeugung nichts mehr zu sagen.

Nach der Heizung werden die Heizschläuche ausgenommen und die Reifen in den Kontrollraum gesandt. Hier wird aller Austrieb entfernt und eine Kontrolle durch Reifenfachleute vorgenommen (Abb. 317). Ist der Reifen fehlerlos, so wandert er zu den Wickelmaschinen, wo er mit Packpapier spiralförmig eingewickelt wird. Der Reifen wird dann eingelagert und ist fertig für Verkaufszwecke.

### Schmiermittel für die Reifenvulkanisation

Fast alle formgeheizten Gummiartikel müssen vor der Vulkanisation eine besondere Art der Oberflächenbehandlung erhalten. Dies ist notwendig zur Erzielung fehlerfreier Formstücke und um das Loslösen von



der Formoberfläche zu erleichtern. Durch den Gebrauch von Schmiermittel wird auch das Öffnen der Formen erleichtert.

Die Behandlung der unvulkanisierten Gummiartikel bezweckt, der Oberfläche die Klebrigkeit zu nehmen und dadurch unregelmäßiges Einschließen der Luft und Luftfangen zu verhindern. Dieses Fangen der Oberflächenluft darf nicht mit der Wirkung der Luft oder des Gases verwechselt werden, das aus den Gummiartikeln kommt, aber tatsächlich wird auch das Entweichen dieses Gases durch Oberflächenbehandlung des Gummis erleichtert.

Die Behandlung der unvulkanisierten Oberfläche mit Schmiermittel ist insbesondere für Automobilreifen nötig. Die Vervollkommnung der Form-

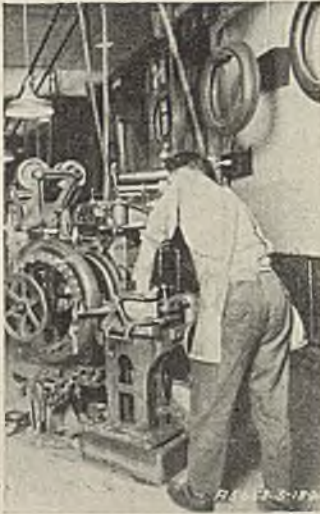


Abb. 314. Niederrollen der anderen Lagen. Kernring-Reifenaufbau

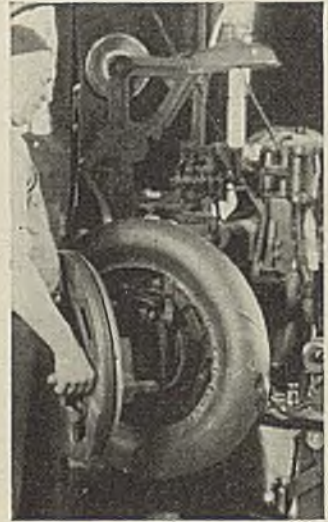


Abb. 315. Mechan. Wulstansetzen (Kernringreifen)

heizung durch solche Mittel ist ein ständiges Problem für den Fabrikanten. Die Fehler bei der Formheizung sind sehr verschieden bezüglich Typus und Örtlichkeit und kommen und gehen auf mysteriöse Art. Wenn eine ernste Epidemie eintritt, erspart eine wirksame Oberflächenbehandlung viel Geld und Verdruß.

Die Ansprüche bei der Oberflächenbehandlung unvulkanisierter Reifen sind:

1. Verhindern des Einschließens der Oberflächenluft, wodurch Fehlfabrikate vermieden werden.
2. Leichteres Öffnen der Form.
3. Soll das Schmiermittel am vulkanisierten Reifen nicht sichtbar sein.
4. Soll die Verbindung der einzelnen Gummiplatten, der Stöße sowie die Verbindung bei Überpressungen beim Heizen nicht verhindert werden.

5. Soll sich dasselbe leicht verarbeiten lassen, billig und unschädlich für den Arbeiter sein.

Die Ansprüche 1) und 4) sind so aufzufassen, daß wohl das Ankleben der Mischung an der Form, nicht aber die Verbindung des Materiales selbst verhindert werden soll.

Die gewöhnlich verwendeten Einstreichmittel sind Talkum und Glimmer. Die Meinungen über die Zweckmäßigkeit dieser beiden Materialien sind sehr verschieden, doch wird mit Rücksicht auf die viel geringeren Kosten hauptsächlich Talkum verwendet. Glimmer hat ferner den Nachteil, daß es am geheizten Reifen sichtbarer ist. Keines der vielen anderen mineralischen Pulver, die als Schmiermittel verwendet werden

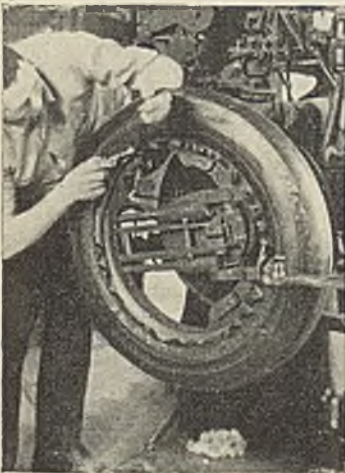


Abb. 316. Abschneiden des Seitengummis bei der Wulst

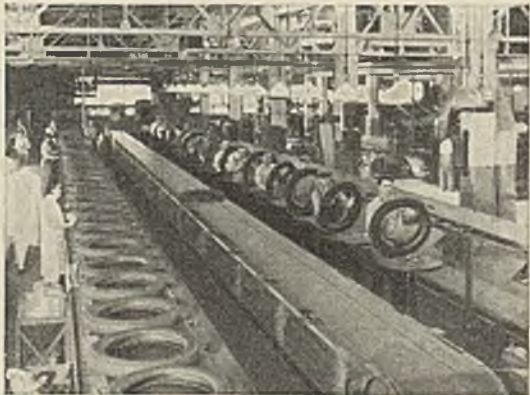


Abb. 317. Schlußprüfung und Abtransport

können, ist so wirksam wie Talkum oder Glimmer. Wenn diese anderen Materialien gebraucht werden, so mischt man sie gewöhnlich mit Talkum oder Glimmer, um annähernd die gleiche Wirkung zu erzielen. Zu diesen Materialien gehören Kreide, Asbestpulver und Steinmehl. Auch gewisse Sorten von Graphit sind wirksam, aber zu teuer und in der Benutzung zu schmutzend. Stärke und Zinkstearat werden manchmal verwendet, wenn Schwierigkeiten bei den Verbindungen oder bei den Stößen auftreten, sind aber bezüglich Anspruch 1 nicht sehr wirksam. Die Materialien können trocken oder naß verwendet werden. Letztere Verwendungsart ist die gebräuchliche, und zwar benutzt man Wasser oder Benzin. Bei Verwendung von Wasser wird gewöhnlich Seife zugemischt. Die nassen Mischungen sind in der Konzentration sehr verschieden, je nachdem wie dieselben verwendet werden und ob der Überschuß nach dem Trocknen abgerieben wird oder nicht. Im allgemeinen sind die nassen Mischungen wirksamer, da das Pulver besser am Gummi haftet und daher mehr aufgetragen werden kann. Die Nachteile sind augenfällig; da



Wassermischungen längere Zeit zum Trocknen brauchen und Benzinmischungen teurer sind. Das Problem der Formenbehandlung bezieht sich auf die Reifenoberflächenbehandlung, obgleich die Formenbehandlung zuerst meist zu dem Zwecke benutzt wurde, um das Öffnen der Formen zu erleichtern. Die einfachste Formenbehandlung ist das Einstauben mit einem der erwähnten trockenen Puder, gewöhnlich Talkum oder Glimmer. Außerdem wird eine Unzahl flüssiger Präparate verwendet. Welche Mittel verwendet werden sollen, hängt ganz von den besonderen Umständen ab, je nachdem leichteres Öffnen, besseres Aussehen oder Vermeidung von Fehlern beim Vulkanisieren am wichtigsten ist. Hauptsächlich wird Seifenlösung verwendet, die sich gut bewährt. Seifenrindlösung wird ebenfalls gern benutzt. Wasserglas und unterschweflig-

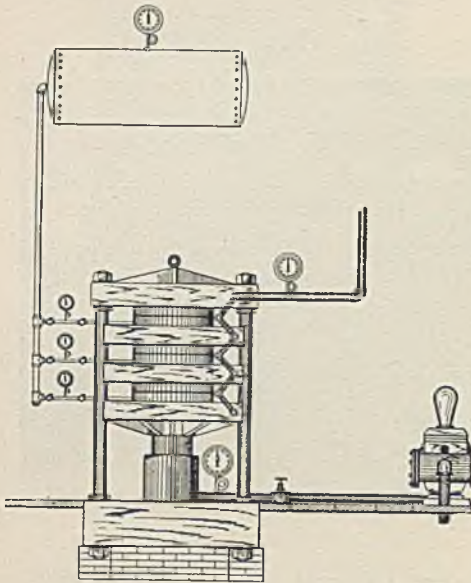


Abb. 318. Dampf-Vulkanisierpresse

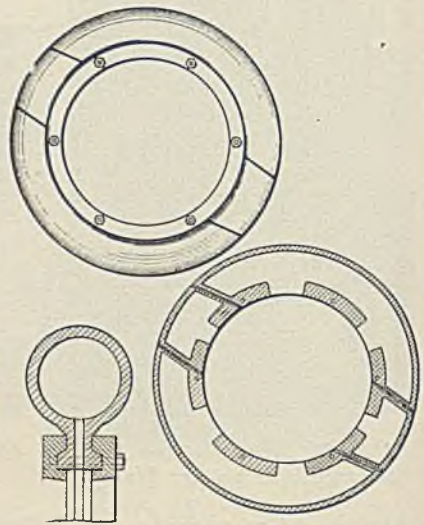


Abb. 319. Eine der vielen Typen klappbarer Kernringe

saures Natrium sind als Lösungen sehr wirksam zur Erleichterung des Formöffnens, aber beide sind am vulkanisierten Gummi sichtbar und verschmutzen die Formen sehr rasch. Dextrin, Zucker, Magnesiumsulfat, Glycerin und Ölemulsionen sind speziell in manchen veralteten Präparaten vorhanden. Viele Mischungen sind auch unter Handelsnamen auf dem Markte.

Manchmal werden flüssige Präparate nur für die Wulstteile benutzt, wo die Hauptformteile mit Puder behandelt werden. Auf diese Weise wird nur das Öffnen erleichtert, während das Aussehen in diesem Teil nicht so wichtig ist.

Je leichter und einfacher die Formenbehandlung ist, desto besser, da sich nichts so sehr in den Formen anlegt wie trockener Staub.

## Reifen-Formheizung

Das System, Gummiartikel in Formen zu heizen, wurde lange vor dem Erscheinen des Pneumatikreifens entwickelt. Schläuche, Schuhe, zahnärztliche Hilfsmittel und manche andere Artikel wurden schon viele Jahre früher als das Automobil erzeugt.

Bei der gebräuchlichen Methode, Schlauchreifen (die Vorläufer der gegenwärtigen Automobilreifen) in Formen zu heizen, wurde eine zweiteilige Form benutzt, die entsprechend der äußeren Oberfläche des geheizten Artikels ausgehöhlt war. Nach dem Einlegen des unvulkanisierten Materials in die Form wurde durch Gas oder Flüssigkeit ein Innendruck erzeugt, und die Vulkanisation durch Heizen der Form zwischen dampfgeheizten Platten durchgeführt. Abb. 318 zeigt eine frühere Type einer solchen Presse.

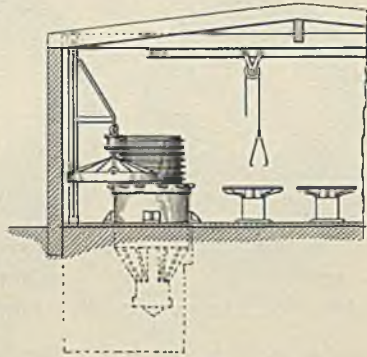
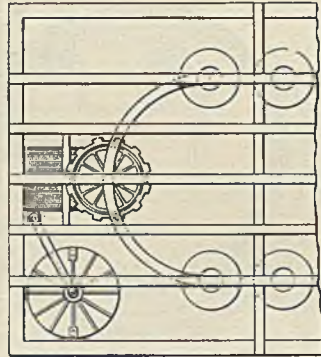
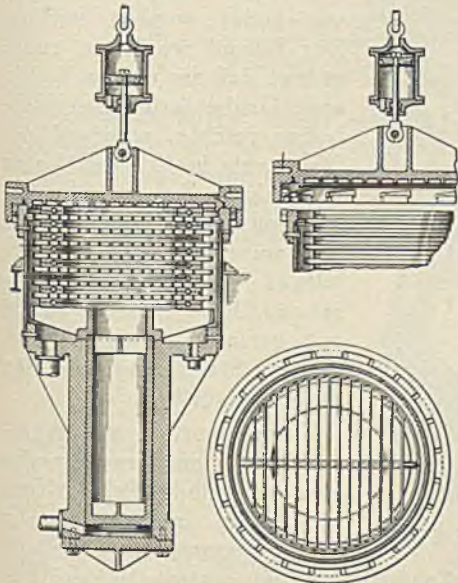


Abb. 320. Vertikale Vulkanisierpresse    Abb. 321. Vertikale Vulkanisierpresse

Die ersten wirklichen Automobilreifen (1900 bis 1902) bestanden aus zwei Teilen, einem Innenschlauch, der als Luftbehälter diente und einer separat geheizten Umhüllung, die der Abnutzung standhielt. Diese Hülle wurde auf einem runden Metallkern erzeugt, bei welcher Arbeit die Wulste für die Befestigung am Rad aufgebaut wurden. Die ersten Wulste waren dehnbar (Clinchertype); sie wurden aber später möglichst undehnbar erzeugt. Zum leichteren Ausnehmen nach der Vulkanisation wurden verschiedene Typen zusammenklappbarer Kernringe hergestellt (Abb. 319), die hauptsächlich in der Art der Befestigung verschieden



waren. Reifen und Kernring wurden dann in eine zweiteilige Form gelegt und diese zusammengeschraubt. Die Vulkanisation geschah entweder in einem horizontal liegenden Kessel in offenem Dampf oder in einer offenen hydraulischen Plattenpresse mit Dampfheizung, wobei die Wärme nur von oben und unten der Form zugeführt wurde.

Ungefähr 1904 wurde eine vertikale Vulkanisierpresse<sup>10</sup> (Abb. 320 und 321) eingeführt, bei der ein oder mehrere Formen vulkanisiert werden konnten, wobei diese durch hydraulischen Preßdruck geschlossen gehalten wurden. Dadurch entfiel die Arbeit des Zusammenschraubens.

Eine Anzahl Gitter sowie ein perforiertes Pressenoberteil gestatteten freie Dampfzirkulation im Vulkanisierkessel. Eine hydraulische Abhebevorrichtung war für den Deckel vorgesehen, die auch zum Senken beim Schließen verwendet werden konnte. Der Kessel wurde so angeordnet, daß der untere Teil in eine Grube unter den Fußboden reichte, während die Oberkante in Arbeitshöhe zu liegen kam. Zur raschen Abkühlung der Formen nach der Vulkanisation wurde die Einleitung von Wasser vorgesehen. Diese Kesseltype ist mit geringer Änderung die heutige Standardtype in den meisten Fabriken.

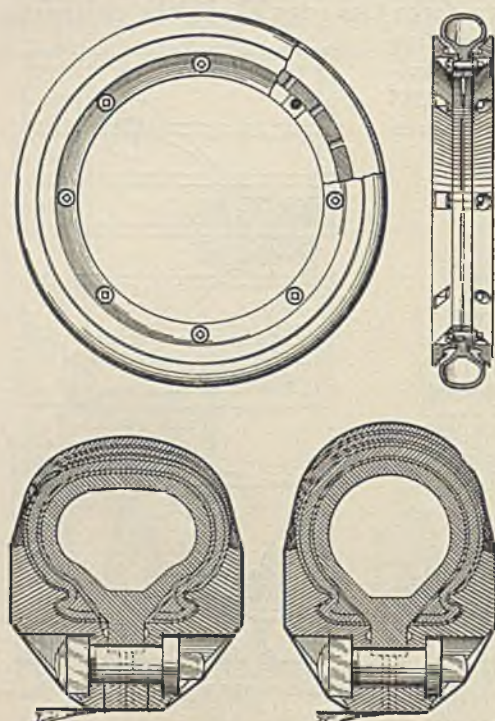


Abb. 322. Thropp'sche offen geheizte Form

Zuerst wurden alle Automobilreifen aus Kreuzgewebe hergestellt und auf einem Kern vollständig ausgeheizt. Es ist interessant, den Übergang zu betrachten, der später in bezug auf die Heizung eintrat. Bei der beschriebenen Arbeitsmethode ergaben sich viele Fehlfabrikate, da das Kreuzgewebe zwischen die Formteile geschoben wurde. In der Industrie war die Meinung vorherrschend, daß sich die Dauerhaftigkeit der Laufflächenpartie durch die lange Heizung verringere, die notwendig war, damit auch das Innere des Reifens ausvulkanisiert wurde. Der allgemeine Eindruck schien vorherrschend, daß in offenem Dampf geheizter Gummi qualitativ besser sei als in Form geheizter Gummi. Dies führte 1905 zur Entwicklung des Heizprozesses in zwei Teilen. Bei diesem Prozeß erhielt nur die Karkasse des Reifens die erste Heizung auf einem Kernring in der

<sup>10</sup> Vertikale Vulkanisierpresse. E. C. Shaw, A. P. 759 195, 3. Mai 1904.

Form, und zwar auf die vorher beschriebene Art. Eine Lauffläche aus unvulkanisiertem Gummi wurde dann auf die Karkasse angeklebt und der Reifen auf seinem Kernring mit Stoffbandagen fest eingewickelt. Das Ganze kam dann in den Kessel und wurde in offenem Dampf geheizt.

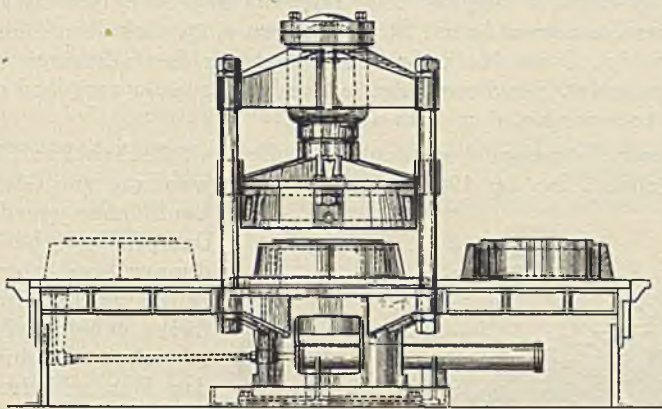


Abb. 323. Gleitschutz-Vulkanisierpresse

Einige Jahre später wurde statt des Kernringes ein aufgepumpter Luftschlauch für die zweite Heizung verwendet. Der Hauptvorteil dieser Methode liegt darin, daß durch den Heizschlauch Ungleichheiten im Aufbau ausgeglichen werden und daß durch den Luftdruck bessere Verbindung zwischen Lauffläche und Karkasse erzielt wird. Obgleich nicht alle

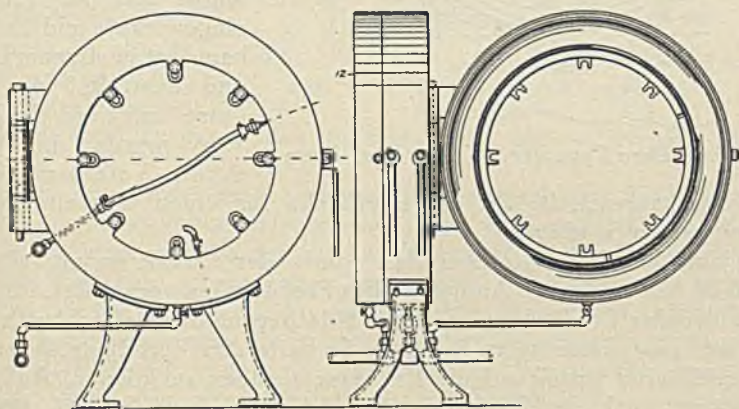


Abb. 324. „Watch-Case“-Form

Fabriken diesen Zweiheizungsprozeß allgemein einführten, nahm die Verwendung einige Jahre später sehr zu.

Während 1906 bis 1907 erschienen verschiedene Patente, insbesondere für den Thropschen offenen Heizprozeß <sup>11</sup> (Abb. 322). Bei diesem konnte

<sup>11</sup> Einzelheizung — Einwickeln des Protectors, P. D. Thropp, A.P. 822 561, 5. Juni 1906.



der Reifen am Kern vollständig in offenem Dampf geheizt werden. Die Reifen wurden auf die gewöhnliche Art am Kernring erzeugt und zwei eiserne Formringe, die sich der Wulst und den Seiten des Reifens anpaßten, wurden aufgelegt und zusammengeschrubt. Diese Formringe hatten abgeschrägte Kanten und reichten über die Seitenwände der Reifen. Das Ganze wurde mit Stoffbandagen eingewickelt und im offenen Dampf geheizt. Diese Methode wurde auch für den »Zweiheizungs-Prozeß« angewendet. Für diese Patente wurden Lizenzen vergeben und vielfach benutzt, wurden aber 1913 ungültig.<sup>12</sup>

Vor dieser Zeitperiode wurden die Reifen mit flachen Laufflächen in Formen geheizt. Bei der 1907 eingeführten Verwendung von Gleitschutz-

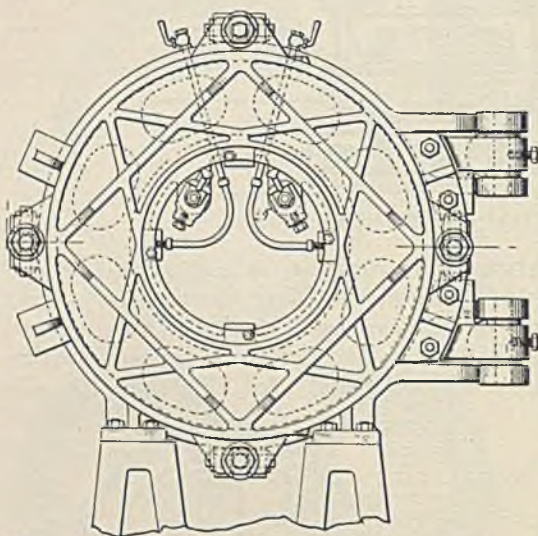


Abb. 325. Spätere Type der „Watch-Case“-Form

(Abb. 323) entwickelt, um die Lauffläche für einen doppeltgeheizten Reifen vorzuvulkanisieren.

Zur Zeit der Kreuzgewebereifen wurde der Eisenkernring, wie beschrieben, allgemein zur Aufnahme des Preßdruckes verwendet. Mit dem Erscheinen des Cordreifens im Jahre 1914 begann der Heizschlauch (»air bag«) den Eisenkernring zu ersetzen. Er hatte den Vorteil, größeren und gleichmäßigeren Druck auf die Karkasse ausüben zu können. Auf diese Art konnte auch der Karkasse eine Dehnung von 4 bis 8% gegeben werden, wodurch Buckel und Wellen in den Cordfäden vermieden wurden. Zwei Formringe wurden in Verbindung mit dem Schlauch verwendet, um die Wulst zu formen, die vorgeheizt wurde.

Der Ausdruck »air bag« (Luftschlauch oder Luftsack) führt zu Irrtümern und sollte die richtige Bezeichnung Heizschlauch (»curing bag«) lauten. Obgleich in den meisten Fällen Luft zur Erzeugung des Innendruckes

Laufflächen wurde offene Dampfheizung benutzt. Ein dünner graviertes Metallreifen wurde auf die Lauffläche gelegt und mit eingewickelt, wodurch sich das Dessin beim Heizen einpreßte. Später wurden diese Dessins in die Heizform eingraviert. Beim »Zweiheizungs - Prozeß« wurde die Lauffläche auf einer Trommel verkehrt erzeugt. Die Lauffläche wurde auf der Trommel eingewickelt und halbvulkanisiert in offenem Dampf und dann auf die Karkasse aufgelegt. Im Jahre 1916 wurde die Gleitschutz-Vulkanisierpresse

<sup>12</sup> Pneumatik, H. C. Pearson S. 67.

verwendet wurde, wurde auch Wasser und Dampf ebenso benutzt. Die ersten Heizschläuche hatten kreisförmigen Querschnitt und wurden aus Gummiplatten und friktioniertem oder aufgepreßtem Kreuzgewebe hergestellt. In den nächsten zwei Jahren folgte eine rasche Verbesserung der Heizschläuche, um die Lebensdauer zu verlängern und um die Bildung von Buckeln durch Versteifung des Fußes zu vermeiden.<sup>13</sup> Trotzdem konnte der Heizschlauch den Kernring nicht vollständig ersetzen, da Cordreifen noch immer nach dem »Zweiheizungs«-Verfahren geheizt wurden und den Kernring für beide Heizungen verwendeten.

Die Heizschlauchkosten waren infolge des raschen Zugrundegehens der Schläuche sehr hoch und erst mit der Idee zur Verminderung dieser Kosten wurde im Jahre 1920 der Gummiheizschlauch eingeführt. Viele Patente wurden zum Eindecken des Heizschlauches ausgegeben, um die Lebensdauer desselben zu verlängern, und 1923 wurde eine Methode zum »Wiedereindecken« ausgearbeitet.<sup>14</sup> Dies war im wesentlichen dieselbe Methode, die heute angewendet wird und besteht darin, die verhärtete Oberfläche abzurauen und nachher neues Material aufzuvulkanisieren. Zu dieser Zeit verdrängte der Heizschlauch den Eisenkernring.

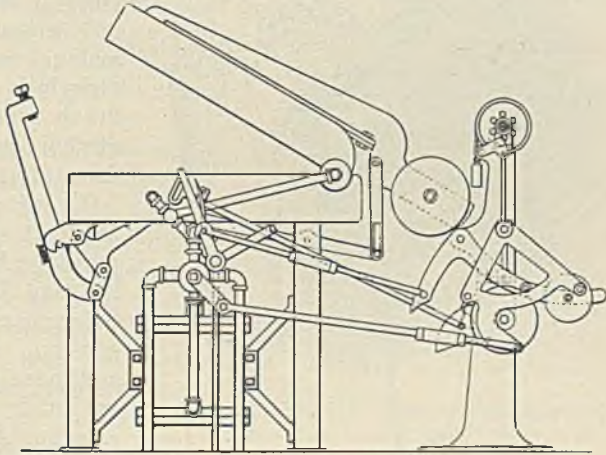


Abb. 326. Frühere Einzelheizertype

Gleichzeitig mit der Einführung und Entwicklung des Heizschlauches wurde eine neue Vulkanisierertype im Jahre 1917 geschaffen. Abb. 324 stellt eine allererste Type dar, die nach und nach zu der Ausstattung laut Abb. 325 ausgebaut wurde. Diese Type war die sogenannte »watch case mold«.<sup>15</sup> Sie wurde in der Industrie verwendet, aber nicht allgemein eingeführt. Sie bestand aus einer feststehenden Dampfammer mit einem halben Reifenprofil und einer ähnlichen in Scharnieren befestigten Kammer. Der Reifen wurde in die Form zur Vulkanisation eingelegt und durch Öffnen des drehbaren Teiles ausgenommen.

Mit der Einführung der Flachband-Erzeugungsmethode wurde die Verwendung vorgeheizter Wulste überflüssig. Dadurch wurden separate

<sup>13</sup> Heizschläuche, J. T. Johnson u. J. R. Gammeter, A. P. 1 177 112, 28. März 1916.

<sup>14</sup> Wiedereindecken der Heizschläuche, J. D. Tew, A. P. 1 452 326, 17. April 1923.

<sup>15</sup> Vulkanisieren von Pneumatikreifen, C. E. Miller, A. P. 1 234 065, 17. Juli 1917.



Formringe überflüssig, da jetzt die Wulst durch Ringe gebildet wird, die mit der Form ein Ganzes sind.

Der Einzelheizer wurde in der Industrie im Jahre 1928 wieder eingeführt. Schon im Jahre 1900<sup>16</sup> (Abb. 326) wurden Patente auf automatische Vulkanisierpressen erteilt, bei denen beide Formhälften durch Scharniere verbunden waren. Später (Abb. 327) wurden diese Apparate bezüglich Konstruktion und Arbeitsweise vereinfacht und bezüglich der Verwendung für verschiedene Größen verbessert. Sie wurden mit einem oder zwei Heizschlauchventilen benutzt, um die Zirkulation des für den Innendruck verwendeten Mediums zu ermöglichen. Die gegenwärtige Ausstattung zeigt Abb. 328.

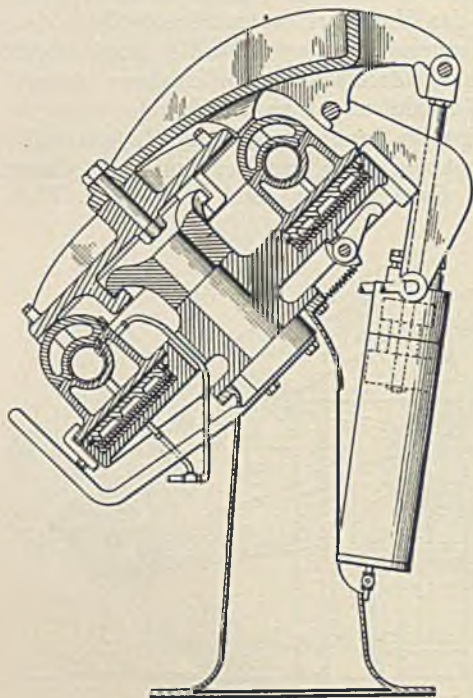


Abb. 327. Einzelheizer (1928)

Die spätere Entwicklung kennzeichnet den heutigen Fortschritt in bezug auf Formen und Heizung. Die verschiedenen Arbeitsprozesse, die behandelt wurden, waren als Standardmethoden zu verschiedenen Zeiten in der Industrie eingeführt worden. Außer diesen gibt es noch verschiedene andere Methoden, die zeitweilig gebraucht wurden oder die noch im Entwicklungsstadium sind. Wir wollen wenigstens in Kürze einige der wenig gebräuchlichen Methoden angeben.

Wir wollen wenigstens in Kürze einige der wenig gebräuchlichen Methoden angeben.

1. Heizen mit einem indifferenten Gas ohne Benutzung eines Heizschlauches.
2. Wasserheizung ohne Verwendung eines Heizschlauches.
3. Verwendung eines Gemisches von Kohlendioxyd und Dampf für Innendruck und Heizung.

#### Anwendung der thermoelektrischen Wärmemessung bei der Kautschukvulkanisation

Die Vulkanisation von Kautschukartikeln verlangt, daß die Heizung genauestens festgelegt und nach diesen Angaben auch präzise durchgeführt wird. Zur Bestimmung beider Funktionen kann die thermoelektrische Wärmemessung benutzt werden, die sich von einer wissenschaft-

<sup>16</sup> Kontrollsystem für Serienheizer, A. E. Ellinwood u. F. A. Seiberling, A. P. 654 389, 24. Juli 1900.

lichen Spielerei zu einer in der Gummiindustrie unentbehrlichen Kontrollmethode entwickelt hat.

Das Potentiometer ermöglicht uns, die Temperatur zu bestimmen, die in einem bestimmten Punkt eines Gummikörpers auf ein Thermolement einwirkt. Bezüglich Präzision der Temperaturmessung sind Potentiometer mit Millivoltablesung verwendbar mit einer Genauigkeit von  $0,5^{\circ}$  F. Die Millivoltablesungen werden mittels einer entsprechenden Tabelle direkt in Temperaturgrade umgewandelt. Bei dieser Instrumententype wird eine äußere, kalte Verbindungsstelle in ein einseitig verschlossenes Glasrohr eingesetzt, das in einer Thermosflasche in zerstückeltes Eis eingeführt wird, so daß die kalte Verbindungsstelle konstant auf einer Temperatur von  $32^{\circ}$  F oder  $0^{\circ}$  C gehalten wird (Abb. 329).

Die für die Lötstellen des Thermolementes verwendeten Drähte müssen folgende bestimmte Eigenschaften haben:

1. Genügende Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion und Oxydation.
2. Entfaltung relativ geringer E. M. K.
3. Die Beziehung zwischen Temperatur und E. M. K. muß derart sein, daß mit steigender Temperatur auch die E. M. K. über den angewendeten Meßbereich anwächst.

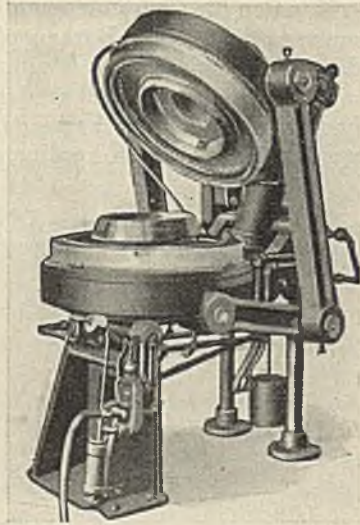


Abb. 328. Spätere Einzelheizertype

Die folgende Tabelle umfaßt alle erforderlichen Meßbereiche:

Type	Meßbereich	Zuverlässige Genauigkeit
1. Kupferkonstantan	0—900° F	bis 500° F
2. Eisenkonstantan	0—2000° F	„ 1200° F
3. Chrom-Aluminium	0—2000° F	„ 1800° F
4. Platin-10% Rhodium	0—3000° F	„ 2500° F

Da Temperaturen über  $350^{\circ}$  F selten bei der Vulkanisation angewendet werden, sollte die Kupferkonstantan-Verbindung für die meisten Messungen beim Kautschuk genügen. Es ist wesentlich, daß die Reinheit des Drahtes über seine ganze Länge konstant ist.

Durch doppelte Baumwollisolierung und Emaillierung des Drahtes wird die Temperaturmessung sehr erleichtert, da Kurzschlüsse infolge direkter Dampfeinwirkung auf den Draht vermieden werden. Man muß also nur dafür sorgen, daß die Emaile nicht abblättert und den Draht stellenweise freilegt, so daß hier Kurzschluß entsteht.

Die Thermoverbindung wird durch Verflechten zweier Drahtenden hergestellt, z. B. von Kupferkonstanten. Die Emaile wird an den Enden



sorgfältig abgekratzt und geschmirgelt, ungefähr  $\frac{3}{8}$ " lang. Die Enden werden bis zur Emaille verflochten und dann so beschritten, daß das geflochtene Stück nicht länger als  $\frac{1}{4}$ " ist, dann wird die Verbindung verlötet. Es ist dafür zu sorgen, daß nur eine dünne Deckschicht der Lötmasse an der Verbindung zurückbleibt und daß alle freigelegten Stellen des Drahtes bedeckt werden. Die Verbindungsstelle wird dann zwecks Entfernung von Verunreinigungen in Tetrachlorkohlenstoff gespült.

Von den für Thermoelemente verwendeten Drähten wird jede Spule gemeinsam mit dem »Bureau of standards thermometer« durchgemessen. Eine zufriedenstellende Methode besteht darin, die Drahtverbindung und eine Thermometerkugel an derselben Stelle in ein doppeltes Kalorimeterbad zu tauchen unter Verwendung von hydriertem Baumwollsaatöl. Das Öl wird langsam, jedoch kontinuierlich im inneren und äußeren Bad bewegt

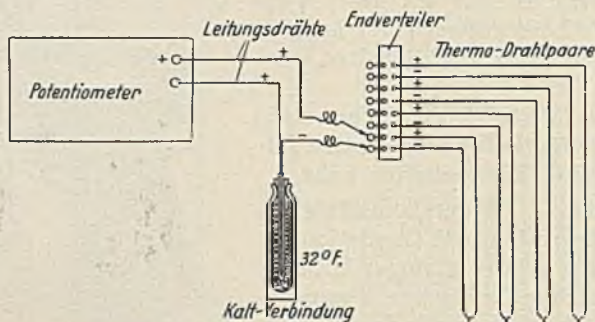


Abb. 329. Standard-Schaltung

und Thermometer- und Thermoelementablesungen werden verglichen. Das Drähtepaar ist natürlich mit einem Standardpotentiometer verbunden.

Von gewissen allgemeinen Fehlerquellen bei der Thermomessung, die ein erfahrener Prüfer vermeidet, seien folgende erwähnt:

1. **Schaltungen.** Die Anwendung einer Mehrfachschaltung, die Messungen über mehrere Kontakte ermöglicht, kann unter gewissen Bedingungen korrekte Ablesungen ergeben, doch sind hier leicht Irrtümer möglich. Erfahrung wie Theorie lehren, daß man für präzise Messungen keine Mehrfachschaltung verwenden sollte.

2. **Erdschluß und offener Stromkreis.** Wenn einer dieser Fehler vermutet wird, kann man wie folgt prüfen: Der eine Pol einer aus drei 2-Volt-Trockenzellen bestehenden Batterie (Serienschaltung) wird mit dem Leitungsdraht der Thermolötstelle verbunden, der andere mit dem einen Pol einer gewöhnlichen elektrischen Klingel. Der zweite Klingelpol wird wiederum mit dem Leitungsdraht der zweiten Lötstelle des Elementes verbunden. Wenn die Glocke klingelt oder der Klöppel schwingt, ist der Stromkreis intakt.

3. **Heiße Lötstellen.** Alle heißen Verbindungsstellen eines Thermoelementes sollten gelötet oder verschmolzen werden.

4. **Entfernung der Emaille.** Große Sorgfalt ist bei Entfernung der Emaille von den Drähten und Verbindungspunkten anzuwenden.

5. **Kalte Lötstelle.** Diese muß sauber und trocken sein.

6. **Potentiometerverbindung.** Positive (+) und negative (—) Drähte müssen sorgfältig mit den Plus- und Minuspolen verbunden werden.

7. **Standardzelle.** Diese sollte häufig geprüft werden, damit sie während der Versuchsdauer intakt ist.

8. **Schwache Batterie.** Diese bewirkt im Potentiometer schwache Ausschläge und muß durch eine Standardzelle kontrolliert werden.

Beim Einbau des Thermoelementes in den Reifen ist es nötig, die Lötstellen genau an die wichtigen Punkte im Reifen anzulegen, die das Kriterium für die Heizung ergeben sollen. Es ist dann die Aufgabe, die Drähte von dem Reifen heraus zum Potentiometer ohne sie zu brechen oder zu beschädigen hinzuführen. Wir befestigen z. B. eine Lötstelle oben auf der ersten Lage im Zenith. Dann werden die Drähte ungefähr zwei Fuß von der Lötstelle entfernt in einer Art Sinuskurve gekrümmt, bevor sie in dem Reifen verankert werden. Hierauf halten einige dünne Gummistreifen die Lötstelle und die Drähte auf der Lage fest, bis der Draht ungefähr 8" von der Meßstelle entfernt ist. Er wird dann über die Seitenwand und längs des Kernes herausgeführt. Andere Lötstellen werden in der Karkasse in derselben Weise angebracht, wobei besonders darauf zu achten ist, daß sich nicht zwei Drähte trotz ihrer Isolierung berühren.

Der Heizschlauch wird in den so vorbereiteten Reifen hineingelegt, so daß die Drähte außen am Heizschlauchfuß durch eine Einkerbung in der Form und weiter aus dem Deckel des Heizapparates durch ein Rohr von 1" Durchmesser herausgeführt werden. In diesem Rohr sind die Drähte durch ein  $\frac{1}{4}$ "iges Kupferrohr von etwa 8" Länge geschützt, wobei jedes Ende des Rohres mit gummiertem Gewebe abgedichtet ist, um einem Dampfaustritt längs der Drähte vorzubeugen.

Bei einer Reifenheizung mittels Thermoelementes müssen zu Beginn Form, Reifen, Heizschlauch und Heizapparat kalt sein. Dies ist wichtig, um gewiß zu sein, daß der Reifen während der wirksamen Heizung genau so viel an Heizeffekt bekommt, als das Thermoelement anzeigt. Die Heizungen sind auf der Annahme basiert, daß die Heizkörper dauernd gut funktionieren. Man beschickt den Heizapparat mit drei Formen, um Schwankungen durch Wärmeableitung am Formstempel und -deckel auf ein Minimum zu reduzieren. Außerhalb der Reifenform wird eine freie Lötstelle als Kontrolle angebracht, um die Heiztemperatur während des Prozesses zu prüfen.

Nachdem der Reifen geheizt und die Temperaturmessungen festgelegt sind, werden die für die einzelnen gemessenen Punkte im Reifen gefundenen Daten ausgewertet.

Die Temperatur wird gegen die Zeit aufgetragen, wie Abb. 330 zeigt. Daraus ergibt sich ein anschauliches Bild vom Heizfluß im Reifen.



Um von den ermittelten Heizdaten Gebrauch machen zu können, werden die Temperaturablesungen in Vulkanisationsbeträge umgewertet. Diese Vulkanisationsbeträge sind experimentell ermittelt aus der Beziehung zwischen dem Heizeffekt (aus dem Vulkanisationskoeffizienten oder anderen physikalischen Eigenschaften des Kautschuks) und der Heiztemperatur. Die Beziehung wird ausgedrückt durch eine willkürliche numerische Skala. Die Vulkanisationsbeträge werden dann gegen die Zeit aufgetragen und der totale Heizeffekt für einen gegebenen Punkt auf diese Art ermittelt. Mit Hilfe von Tabelle 2 sei die Messung unter der Lauffläche betrachtet und hierzu folgendes überlegt: Wenn die Temperaturablesungen in Vulkanisationsbeträge umgewandelt sind (Tabelle I), werden sie gegen die Zeit aufgetragen (Abb. 331). Mit Hilfe eines Planimeters finden wir die Fläche unter der Kurve zu 13,27 square inches (Quadratzoll).

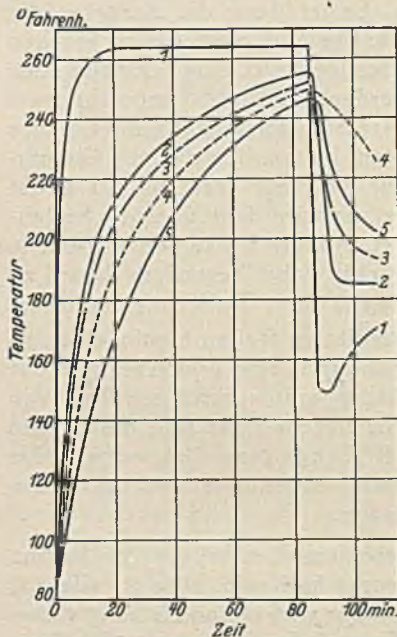


Abb. 330. Heizfluß im Reifen

Wir haben jeden Zoll auf der horizontalen Achse gleich 20 Minuten und jeden Zoll auf der vertikalen Achse gleich einem Heizbetrag von 2 gewählt. Also würde der Heizbetrag eines Quadratzolls das Produkt beider, gleich 40, darstellen. Die 13,27 Quadratzoll unter der Kurve würden einen Heizwert von 530,8 ausmachen. Um für den Standardgebrauch ein besseres Bild zu erhalten, wollen wir den Betrag dieser Heizung in Minuten für eine gewisse Temperatur wissen, z. B. 250° F. Da der Heizbetrag von 250° F bei einem Steigerungsfaktor von 1,58 pro 10° F gleich 10 ist, finden wir als äquivalente Heizung unter der Lauffläche 53,1 Minuten bei 250° F.

Die Kurve für den Heizeffekt hat die Eigenschaft, daß die Fläche unter ihr, nach der Zeitachse zu, den Vulkanisationsgrad ausdrückt, dem die Mischung während der Heizung auf Grund der erhaltenen Daten unterworfen war. Da die Vertikalachse den Vulkanisationsbetrag anzeigt, d. h. die Menge an chemischer Arbeit, und die Horizontalachse (Zeit in Minuten) die Länge der Zeit für diese Arbeit ausdrückt, ist das Produkt oder die Fläche unter der Kurve die gesamte geleistete Arbeit.

Die Vulkanisationsbeträge werden durch Auftragen der Heizeffekte gegen die Temperatur in semilogem Maßstabe erhalten. Verschiedene Autoren erwägen für Captax einen Steigerungsfaktor von 1,42 bis 1,60 per 10° F. Für die obige Berechnung haben wir einen Betrag von 1,58 gewählt. Das bedeutet, daß die Heizung bei 270° F in einem Zeitraum von

$\frac{1}{1,58}$  der bei 260° F benötigten Zeit vollendet ist.

Es ist möglich und oft eine Zeitersparnis, aus einer bekannten eine unbekannte Heizung zu errechnen. Wenn man unter gleichen Bedingungen bei höherer oder niedrigerer Temperatur heizen will, ist der prozentuale Anstieg bei jeder Temperatur für jeden einzelnen Punkt im Reifen derselbe, wenn der Heizfluß in derselben Richtung erfolgt. Z. B. haben wir einen Reifen mit Heizschlauch 2 Stunden 20 Minuten auf  $260^{\circ}\text{F}$  geheizt und wollen auf eine kürzere Heizung von 2 Stunden und 5 Minuten bei  $264^{\circ}\text{F}$  übergehen. Wenn wir unsere Daten prüfen, beginnend mit der Messung auf der ersten Einlage, finden wir, daß die Anfangstemperatur bei der bekannten Heizung  $80^{\circ}\text{F}$  war. Nach 20 Minuten ist die Temperatur an dieser Stelle auf  $200^{\circ}\text{F}$  angewachsen, also um  $120^{\circ}\text{F}$  mehr gegenüber der Anfangstemperatur. Das mögliche Temperaturmaximum würde bei  $260^{\circ}\text{F}$  oder 100% des möglichen Temperaturanzwachsens liegen. Das mögliche Anwachsen von der Anfangstemperatur an würde also  $260^{\circ} - 80^{\circ} = 180^{\circ}\text{F}$  betragen, daher das prozentuelle Anwachsen in 20 Minuten  $\frac{120}{180}$  oder 66,7%.

Diese Berechnung wendet man auf die gewünschte Temperatur ( $264^{\circ}\text{F}$ ) wie folgt an:  $(264 - 80) \times 0,667 + 80 = 202,7^{\circ}\text{F}$ . Die Temperatur für die Heizung bei  $264^{\circ}\text{F}$  würde nach 20 Minuten auf der ersten Einlage  $202,7^{\circ}\text{F}$  betragen. Diese Berechnung wird für jede Temperaturablesung während des Anwachsens angewendet. Die Berechnung für prozentuales Sinken der Temperatur wird gefunden durch Umkehren des Vorganges für das prozentuale Anwachsen. Der maximale Punkt, bis zu dem der Reifen gekühlt werden kann, wird erhalten in Verbindung mit dem maximalen Punkt, bis zu dem das einzelne Element an den fraglichen Punkten anwächst. Durch Interpolierung dieser Extrempunkte bestimmt man den prozentualen Temperaturfall.

Beim Vergleich einer äquivalenten Reifenheizung zur Heizung in der Presse muß für bestimmte Gummimischungen eine Verzögerung durch die Form während der Preßheizung in Betracht gezogen werden. Z. B. erhält eine Gummipatte, die in der Presse in 20 Minuten bei  $260^{\circ}\text{F}$  heizt, nicht denselben Heizeffekt infolge der Verzögerung durch die Formmasse zwischen den Heizplatten. Diese Verzögerung beträgt ungefähr 3 Minuten; also ist eine Heizung von 20 Minuten, die durch die Thermomessung im Reifen bestimmt wurde, ungefähr gleichwertig einer Pressenheizung von 23 Minuten.

Der Wärmebetrag oder Wärmefluß für jeden Punkt in einem Reifen ist abhängig von:

1. Der Dicke von Heizschlauch und Reifen,
2. dem Gesamtvolumen der Gummimasse,
3. der Einwirkung der von außen zugeführten Wärme.

Die Heizschlauchstärke ist für die Verzögerung des Wärmeflusses genau so wichtig wie der Reifen selbst. Der Wärmefluß ist in der Tat praktisch derselbe durch die verschiedenen Gummimischungen eines Reifens, theoretisch besteht natürlich eine kleine Differenz im Wärmefluß durch Heizschlauch, Einlagen und Lauffläche. Diese Differenz ist so gering, daß sie bei den Messungen beinahe vernachlässigt werden kann.



Kautschuk eignet sich für Thermomessungen sehr gut. Der Wärmefluß ist am vulkanisierten oder unvulkanisierten Reifen praktisch derselbe. Ein vulkanisierter, mit Thermomeßstellen versehener Reifen gibt nach wiederholten Heizungen mit beachtlicher Genauigkeit dieselben Werte für den Wärmefluß wie bei der ersten Heizung.

Die richtige Vulkanisation kann durch einen einzigen Reifen bestimmt werden, wobei die Vulkanisierungseinrichtung einwandfrei funktionieren muß. Der stehende Autoklav wird gewöhnlich bei der Reifenvulkanisation für Massenproduktion gebraucht, d. h. 20 oder mehr Reifen, je nach Reifengröße, werden zu gleicher Zeit geheizt. Diese Heizapparate geben ausgezeichnete Heizbedingungen, wenn sie in allen Teilen in Ordnung gehalten werden. Im ersten Entwicklungsstadium wurde zur Entfernung des Kondensates eine altmodische Dampfklappe verwendet, aber heute ist ein modernes, automatisches Kondensatventil im Gebrauch, das nicht nur das gesamte Kondensat unmittelbar entfernt, sondern außerdem für bessere Dampfzirkulation in dem Apparat sorgt. Automatische Zeituhren schließen den Dampf ab und regeln die Beendigung der Heizung, ferner zeichnen automatische Temperaturschreiber genau die Temperatur während der gesamten Heizung auf. Von ziemlich primitiven Anfängen ist diese Heizapparatur zu automatischer Wärmekontrolle entwickelt und mehr und mehr völlig »fool proof« geworden. Die alte Furcht vor »eingefangener Luft« oder »toten Stellen« im Heizapparat findet man heute nicht mehr begründet.

Die Thermomessungen am stehenden Autoklaven zeigen, daß die Temperaturschwankungen an verschiedenen Stellen des Dampfraumes, wenn der Autoklav mit Reifen gefüllt ist, während der Heizung nicht mehr als  $\pm 1^{\circ}$  F betragen. Wenn der Dampfraum auf Temperatur ist, gleicht sich die heißere Zone am Dampfeintritt aus. Störungen in der Heizapparatur machen sich am meisten am Boden des Kessels bemerkbar.

Der Einzelheizer wird ebenfalls als geeignete Apparatur zur Reifenvulkanisation angesehen. Die Neigung der Form ist ein wichtiger Faktor. Wenn die Form nahezu vertikal steht, bilden sich Wärmeschichten, so daß die untere Partie des Reifens weniger Wärme erhält als die obere. Man fand, daß ein Neigungswinkel von  $15^{\circ}$  zufriedenstellende Vulkanisation und geeignete Handhabung ermöglicht. Es ist wesentlich, daß der Dampfraum der Form gut gelüftet wird, um das Kondensat völlig zu entfernen. Der Einzelheizer beugt der Notwendigkeit der Heizapparatur, vor und nach jeder Heizung zu erwärmen bzw. zu kühlen, vor.

Die Thermomessung ist ein wesentliches Hilfsmittel, sich von der Gleichmäßigkeit einer Heizpresse zu vergewissern. Um die Temperaturmessung an bestimmten Punkten der Preßheizplatten zu ermitteln, wurde ein »thermo board« erdacht (Maxwell, 1930), der aus zwei durch Asbestplatten getrennten Aluminiumplatten besteht. In die Platten sind  $\frac{1}{4}$ "ige Löcher gebohrt. Metallstifte, durch Federn zurückgedrückt, treten aus diesen Löchern heraus, so daß sie in die Platten zurückgedrückt werden, wenn die Presse sich an die Aluminiumplatten anlegt. Das innere Ende dieser Stifte ist mit den Drähten des Thermoelementes

verbunden. Auf diese Weise erhält man die richtige Temperatur an der Kontaktstelle von Stiften und Preßplatten.

Die Gefahr bei einer Plattenpresse besteht in der Möglichkeit kalter Flächen, die durch Kondensat entstehen. Mittels Thermoelement kann man solche Stellen entdecken. Die Dampfäume sollten so angebracht sein, daß Wasser, das in den Dampfeintritt hineingegeben wird, restlos zum Dampfaustritt herausfließt.

Beinahe alle Heizpressen oder Formen bedingen eine gewisse Temperaturverzögerung, die je nach Leistungsfähigkeit der Form oder Presse

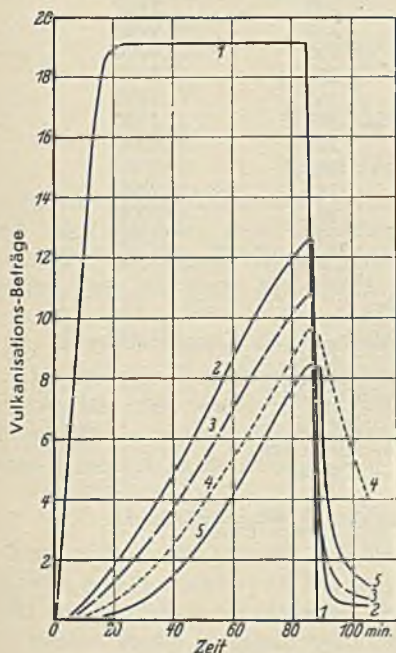


Abb. 331. Vulkanisationsbeträge  
Zeit-Kurven

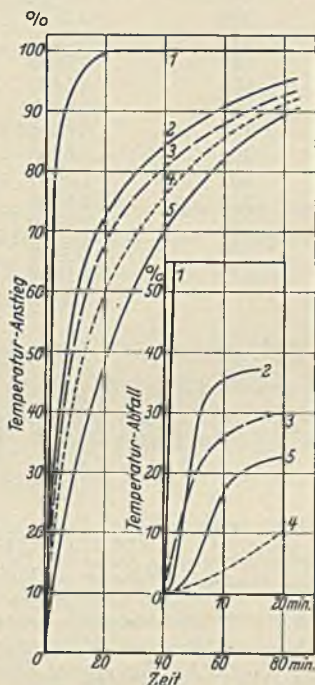


Abb. 332. Temperaturkurven

gewöhnlich 3 bis 10° F beträgt. Das Formthermometer kann eine Dampfraumtemperatur von 280° F anzeigen, jedoch wird die tatsächliche Temperatur an der Metalloberfläche der Form nur 277° F oder weniger als 270° F betragen. Z. B. werden Einzelheizer für Autoschläuche eine Temperatur von 309° F haben, während das Formthermometer 312° F registriert. Reparatur-Formsegmente haben eine um 3 bis 10° niedrigere Oberflächentemperatur als abgelesen wird. Das Metall verschluckt durch die Wärmeleitung aus dem Dampfraum an die Oberfläche etwas Wärme.

Die Entwicklung der thermoelektrischen Technik ermöglicht zu bestimmen, ob diese verschiedenen, für Kautschukvulkanisation gebrauchten Formen wirklich den Heizeffekt ergeben, der durch ihre Kontrollinstrumente angezeigt wird. Somit sind wir in der Lage, die Gummierzeugnisse voll geeignet für den beabsichtigten Verwendungszweck



abzuliefern, da sie nach sorgfältigster Behandlung beim Mischen und Konfektionieren auch korrekt vulkanisiert sind.

*Vulkanisationsbeträge*

Kalkuliert auf Basis eines Temperatur-Koeffizienten — 1.58 pro 10° F

Temperatur in ° F	Vulkanisations- beträge	Temperatur in ° F	Vulkanisations- beträge
150	0.1000	230	3.9850
160	0.1585	235	5.0200
165	0.1997	240	6.3200
170	0.2515	245	7.9400
175	0.3160	250	10.0000
180	0.3985	255	12.6000
185	0.5020	260	15.8500
190	0.6320	265	19.9700
195	0.7940	270	25.1500
200	1.0000	275	31.6000
205	1.2600	280	39.8500
210	1.5850	285	50.2000
215	1.9970	290	63.2000
220	2.5150	295	79.4000
225	3.1600	300	100.0000

Tabelle 1

*Temperatur — Zeit*

5.25 × 18 — 4 Lagen-Reifen

Heizung: 1 Stunde 25 Min. — 264° F  
3 Min. — Abspritzen  
20 Min. — Kühlen

*Anschlußpunkte für die Thermolemente*

1. Außenseite — Mitte.
2. Unter Laufflächen — Mitte.
3. Zwischen Heizschlauch und Reifen.
4. Bei der Wulst.
5. An der ersten Einlage am Scheitelpunkt.

Tabelle 2

*Vulkanisationsbeträge — Zeit*

5.25 × 18 — 4 Lagen-Reifen

Heizung: 1 Stunde 25 Min. — 264° F  
3 Min. — Abspritzen  
20 Min. — Abkühlen (vollständig)

*Anschlußpunkte für die Thermolemente*

	Fläche in Quadratzoll	Entsprechende Heizung bei 250° F
1. Außenseite — Mitte	37.68	150.7 Min.
2. Unter Laufflächen — Mitte	13.27	53.1 Min.
3. Zwischen Heizschlauch und Reifen	11.26	45.0 Min.
4. Bei der Wulst	11.19	44.8 Min.
5. An der ersten Einlage am Scheitelpunkt	7.62	30.5 Min.

Tabelle 3

% Temperaturzunahme — Zeit

% Temperaturabnahme — Zeit

5.25 × 18 — 4 Lagen-Reifen

Heizung: 1 Stunde 25 Min. — 264° F

3 Min. — Abspritzen

20 Min. — Abkühlen (vollständig)

*Anschlußpunkte für die Thermolemente*

1. Außenseite — Mitte.
2. Unter Laufflächen — Mitte.
3. Zwischen Heizschlauch und Reifen.
4. Bei der Wulst.
5. An der ersten Einlage am Scheitelpunkt.

**IV. Massivreifen****Geschichtlicher Teil**

Die einzige Funktion eines Gummireifens ist die Abpolsterung der Last, und nach der Art der Abpolsterung unterscheidet man Massivreifen, hochelastische Massivreifen (Cushion- oder Luftkammerreifen) und Pneumatikreifen. Die erste Art war der Massivreifen.

**Die Einführung des hochelastischen (Cushion Tire) Reifens**

Als sich die Notwendigkeit besserer Abpolsterung einstellte, wurde der Aufbau der Massivreifen durch Vertiefungen im Reifenkörper geändert. Diese hatten verschiedene Formen, quer durchgehende Löcher, Ausnehmungen in den Seiten und Vertiefungen im Dessin.

**Hochelastische (Cushion-) Reifen mit Hohlräumen**

Eine andere Art war ein Hohlraum im Mittel oder gegen die Basis des Reifens gelegen, der rund um den Reifen reichte. Dieser Hohlraum enthielt den natürlichen Luftdruck. Bei kleineren Wagenreifentypen wurden die beiden Enden zusammengeklebt, so daß sich ein geschlossener Hohlraum ergab, aber spätere und größere Typen hatten den Hohlraum an der Basis und die Hohlräume waren nicht verschlossen.

**Luftdruck- oder Pneumatikreifen**

Der weitere Fortschritt bestand in der Vergrößerung der kleinen Hohlräume, Verwendung dünnerer Seitenwände und in der Verstärkung mit Stoff, um die Festigkeit des Gummis zu erhöhen. Diese Änderungen führten zur Verwendung von Preßluft und bestimmten die weitere Entwicklung des Pneumatiks.

**Einteilung der Typen**

Mit dem Erscheinen des pneumatischen, mit Preßluft gefüllten Reifens unterscheidet man zwei Hauptgruppen von Gummireifen, und zwar erstens Massivreifen einschließlich Luftkammerreifen und zweitens Pneumatikreifen. Die allererste Type war bezüglich Konstruktion und Befestigung sehr einfach (Abb. 333). Sie bestand in einem Vollgummireifen



mit rechteckigem Querschnitt und wurde für Pferdefuhrwerk verwendet. Sie erschien ungefähr 1845 und wurde von Charles Mackintosh & Company in England erzeugt. Der Reifen wurde an der Felge nicht befestigt, sondern nur etwas kleiner gemacht und durch die Spannung auf der Felge gehalten. Obgleich Charles Goodyear 1839 die Vulkanisation entdeckte, dauerte es doch noch viele Jahre, bevor die verhältnismäßig kleinen Fabriken der damaligen Zeit die Vorteile derselben ausnützten. Die Wagenreifen waren daher klebrig und wurden durch Erwärmung bald weich. Obgleich dies die Entwicklung nicht hinderte, wurden die Reifen als gefährlich betrachtet, weil die Fußgänger die Annäherung des Fuhrwerkes nicht hörten.

Die schlechte Lenkfähigkeit der Gummireifen brachte neue Richtlinien für die Entwicklung, und M. Coles Fuller erhielt 1856 ein englisches Patent für Vollgummireifen aus Leinen, Baumwolle oder anderen Fasermaterialien. Reifen aus Leder, Papier und Holz wurden erzeugt. Im Jahre 1856 erzeugte die Boston Belting Company Gummireifen und bemühte sich erfolglos die Vorurteile des Publikums zu überwinden. 1861 wurden Versuche mit vulkanisiertem Gummi angestellt und Vollgummireifen auf den Londoner Droschken der Shrewsbury Cab Company montiert. Diese Reifen wurden in einem schwalbenschwanzförmigen Ausschnitt in der Felge gehalten.

Im Jahre 1867 erschien das Fahrrad in England. Das Fahren war aber alles eher als ein Vergnügen, bis zur Verwendung des Vollgummireifens, der in eine Vertiefung der Felge eingeklebt wurde (Abb. 334). Dieses Fahrrad war das »Hochrad« und wurde 1879 durch das sogenannte »safety bike« (sichere Fahrrad) überholt, das die Verwendung von Vollgummireifen ebenfalls übernahm. 1884 wurde ein Special-»cushion«-Reifen erzeugt, der nichts anderes war als der frühere Vollgummireifen mit einem kleinen Hohlraum in der Mitte (Abb. 334). Dies ist tatsächlich das erste Erscheinen eines Hohlraumreifens, der ebenso gut war wie der hochelastische Reifen. Er wurde 1884 durch ein Patent von Macintosh & Company geschützt.

Zu dieser Zeit wurde in England ein Versuch gemacht, Vollgummireifen auf Motor-Lastwagen zu verwenden, es war aber unmöglich, bei Benutzung größerer Lasten den Gummi auf der Felge festzuhalten. Verschiedene Eisenbefestigungen wurden ohne Erfolge probiert.

Der erste wirklich brauchbare Vollgummireifen war jener von Carmont, der 1881 patentiert und 1883 verbessert wurde (Abb. 335). Die Ursache des Erfolges lag in der Wahl der Felge, die hakenförmig aufgebogene Ränder hatte, in die der Reifen sich einpreßte. Die Shrewsbury & Talbot Noiseless Tire & Cab Company verwendete diese Reifen für ihre Londoner Droschken mit besonders gutem Erfolg, insbesondere für leichten Verkehr. Die Wagenfabrik Brewster & Company in New York erwarb die Rechte des Carmontreifens für Amerika, da aber die Straßen in New York schlecht gepflastert waren, ergaben sich Schwierigkeiten in der Lenkung, ferner war ein zu großer Teil des Gummis zwischen den Felgenflanschen eingepreßt und daher zum Abfahren unbrauchbar. Dies führte zur Entwicklung eines neuen

amerikanischen Reifens, des Kelly-Springfield-Reifens, der am 18. Februar 1896 von Arthur W. Grant patentiert wurde (Abb. 336). Der Reifen wurde durch innen eingelegte Drähte am Felgenboden festgehalten. Die Flanschen waren niedriger, die Ränder divergierend, dadurch waren die Reifen länger benutzbar. Eine Abart dieses Reifens war der Victorreifen, bei dem die Drähte in Leder oder Stoff eingehüllt waren, um das Einschneiden in den Gummi zu verhindern. Andere verschiedene Variationen waren solche mit spiralförmig gewundenem Draht und Stahlbändern im Innern des Reifens. Der Erfolg des Kelly-Springfield-Reifens war der Antrieb zur Entwicklung vieler neuer Befestigungsarten. In

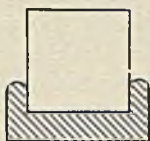


Abb. 333. Erster Massivreifen 1845

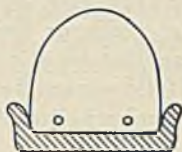


Abb. 336. Kelly-Springfield (Amerikanisch)

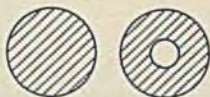


Abb. 334. Vollgummi 1867. Cushion 1884  
Erste Typen von Fahrradreifen

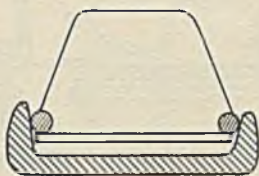


Abb. 337. Swinehart (Amerikanisch)

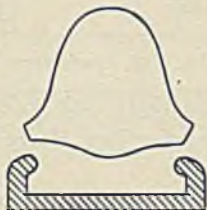


Abb. 335. Carmont (Englisch)



Abb. 338. Enden des Seitendrahtes

Amerika wurden die Innendrähte durch den Reifen mit äußeren Seitendrähten verdrängt, der in Amerika erfunden und am 12. November 1901 von Swinehart & Byrider patentiert wurde (Abb. 337). In Verbindung mit den Seitendrähten wurden am Fuße des Reifens kurze Querdrähte eingebaut, die von einer Seite des Reifens zur anderen reichten und unter den äußeren Seitendrähten lagen. Die Außendrähte wurden verlötet oder elektrisch geschweißt, und zwar auf einen etwas kleineren Durchmesser als die Felgenflanschen (Abb. 338). Sie wurden erst beim Montieren auf die Felge angelegt, derart, daß zuerst der halbe Umfang eingepreßt und dann der übrige Teil über die Felgenränder zum Einschnappen gebracht wurde.

Eine große Anzahl von Abarten und Kombinationen von inneren und seitlichen Befestigungsdrähten wurde erfunden, sowohl einzeln als in Verbindung mit Querdrähten, aber alle diese Befestigungen hatten den



Fehler, daß sie sich dehnten oder locker wurden und bald in den Gummi einschnitten. Die Verwendung dieser Reifen war daher nur für verhältnismäßig geringe Lasten möglich.

### Der endlose Reifen

Bis zu dieser Zeit wurden alle Reifen in fortlaufenden Längen vulkanisiert, dann auf bestimmte Längen geschnitten und in runden Formen zusammenvulkanisiert.

Durch Zusammensetzen des unvulkanisierten Reifens und nachträgliche Vulkanisation in einer runden Form auf den richtigen Raddurchmesser wurde eine neue Fabrikationsmethode gefunden, die die Erzeugung viel größerer Reifen ermöglichte. Bei diesen Reifen wurden verschiedene Kombinationen endloser kreisrunder Drähte oder innen und außen Stoffe verwendet, die mit einvulkanisiert wurden, so daß es wegen der Undehnbarkeit nicht mehr möglich war, den Reifen über die Felgen-

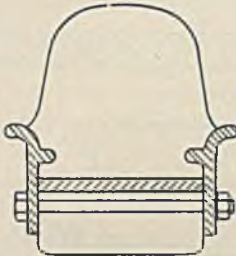


Abb. 339. Wheeler's endloser Reifen

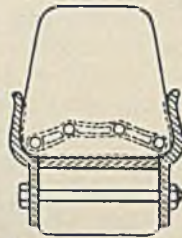


Abb. 340. Turner's endloser Reifen

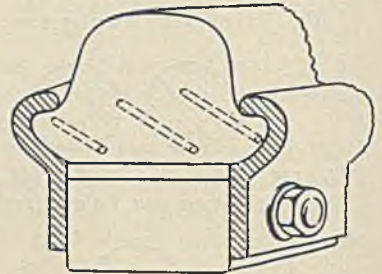


Abb. 341. Goodyear-Motz-Reifen

flanschen zu ziehen. Diese führte zur Verwendung von Rädern mit abnehmbaren Seitenflanschen, die mit durchgehenden Bolzen am Rade befestigt waren (Abb. 339, 340).

Das Auftauchen der Motorwagen um das Jahr 1900 steigerte die Nachfrage nach einem wirklich federnden Reifen. Die Straßen waren schlecht und sehr ungleich, und die Entwicklung des Pneumatikreifens war nicht sehr weit fortgeschritten. Die Automobilfahrer verlangten einen Reifen der besser abgedefert als die Vollgummireifen und stichsicherer als der Pneumatik sein sollte.

Einer der beliebtesten Reifen, der zu dieser Zeit erfunden wurde, war der Motzreifen. Derselbe war am inneren Umfang mit Stoff eingedeckt. Nach der Heizung wurden in den Reifenfuß diagonal Löcher eingebohrt und kurze Drähte in dieselben eingesteckt, derart, daß die Drähte unter den Hakenansatz der Felge reichten. Die Reifen wurden auf eine reguläre Clincherfelge so montiert, daß zuerst eine Seite aufgesteckt und die zweite Seite durch Zusammenpressung in der Richtung der Querdrähte befestigt wurde. Nach der Montage konnte der Reifen von einer einteiligen Felge nicht entfernt werden, ohne denselben zu zerstören. Später wurden fast ausschließlich Felgen mit abnehmbaren Flanschen für diese Reifen verwendet (Abb. 341).

### Aufvulkanisierte Reifenbasis

Während die Entwicklung der Lastwagen stufenweise fortschritt, zeigte es sich, daß die bestehenden Reifen den Anforderungen nicht genügten.

Es wurden daher die Bemühungen zur Verbesserung der Reifen in verstärktem Maße fortgesetzt. Sie führten zu der Erfindung *George H. Hoods*, der den Reifen direkt auf eine verkupferte Felge aufvulkanisierte. Dies ist der Vorläufer des heutigen Massivreifens. *Metzeler Gummiwerke A. - G.* in Deutschland gingen einen Schritt weiter und erzeugten einen Reifen, der mittels einer Hartgummizwischenlage auf ein Stahlband aufvulkanisiert wurde, das in der Oberfläche schwalbenschwanzförmige Ausnehmungen hatte (Abb. 342). Auch eine andere deutsche Firma, die *Veritas Gummiwerke A. - G.* erzeugt Reifen

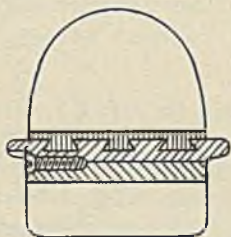


Abb. 342. Metzeler (Deutschland)

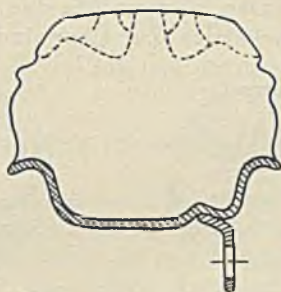


Abb. 343. Abnehmbare Type

auf schwalbenschwanzförmiger Basis aufvulkanisiert. Beide Reifensorten waren im Durchmesser etwas größer als die Radfelge und wurden mittels Schrauben an derselben befestigt.

### Abnehmbare Typen

Solange die Reifen abnehmbar, d. h. nicht aufvulkanisiert waren, richtete sich das Hauptaugenmerk auf verschiedene Arten der Befestigung durch Drähte und Seitenflanschen. Als der aufvulkanisierte Reifen erschien, wurde eine neue abnehmbare Type geschaffen, bei der Reifen und Basis ein Ganzes waren (Abb. 343). Das Problem war nur, die Felge am Rad zu befestigen, und da die Belastungsverhältnisse ähnlich jener bei Pneumatiks waren, wurde sowohl die Felgenform als auch die Befestigungsart derselben übernommen und war auch im allgemeinen durch diese auswechselbar. Abnehmbare Reifentypen wurden selten in größeren Dimensionen als  $30 \times 5$  erzeugt: die gängigste Größe war  $30 \times 3\frac{1}{2}$ . Die zulässigen Belastungen waren dieselben wie die der nächst kleineren regulären Massivreifengröße, die zulässigen Geschwindigkeiten nicht über 15 bis 20 Meilen pro Stunde, je nach der Straßenbeschaffenheit.

Die rasche Entwicklung der kleinen Pneumatik-Lastwagenreifen verdrängte den abnehmbaren Massivreifen fast vollständig, bis auf kleine



industrielle Fahrzeuge und für Landstraßen, wo nur langsamer und oft aussetzender Betrieb vorhanden war.

Das Äußere dieser Reifen war ähnlich den regulären hochelastischen Reifen. Die Laufflächen hatten verschiedenartige Gleitschutzdessins, die Seitenwände waren eingekerbt und eine Anzahl Reifen hatte mannigfache Formen von Hohlräumen im Innern.

### Hochelastische Reifen (Cushion Tires) Hohlraumtypen

Wir haben erwähnt, daß der erste »Cushion Tire« im Jahre 1884 in der Art des früheren Vollgummi-Fahrradreifens mit rundem Querschnitt erschien, mit der Abänderung, daß in der Mitte ein durchlaufender Hohlraum angeordnet war.

Ogleich die Reifen an Fahrrädern und Wagen nur sehr wenig beansprucht waren, verursachte das fortwährende Abbiegen Brüche entlang den Seitenwänden. Zur Überwindung dieser Schwierigkeiten wurde Form



Abb. 344. Non-Collapsible  
Tubular Tire



Abb. 345. Fisk  
Cushion Tire



Abb. 346. Banker & Baker  
Cushion Tire

und Anordnung der Hohlräume auf verschiedene Art ausgeführt und gute Erfolge erzielt, die den Fehler aber nicht vollständig beheben konnten (Abb. 344 bis 346).

Die ersten Ausführungen hatten den Hohlraum in der Mitte des Reifens. Dadurch wurde ein großer Teil der Reifenbasis zwischen den Felgenflanschen eingespannt und die Federwirkung und Abnutzungsmöglichkeit verringert.

Mit der Erfindung der Verbrennungsmotoren, die die Herstellung von Automobilen und langsam laufenden Lastwagen (gegen 1900) ermöglichten, wurden die Ansprüche bezüglich Ausstattung der Reifen gänzlich geändert. Die Radlasten wurden verdoppelt, die Geschwindigkeiten verdreifacht und die Stöße zwischen Reifen und Straße nahmen proportional zu. Viele neue Reifenkonstruktionen und neue Befestigungen wurden herausgebracht, um diese neuen Ansprüche zu befriedigen. Man kam bald zu der Überzeugung, daß es nicht nur auf die Biegsamkeit des Reifens allein ankam, sondern daß die Konstruktion derart sein müsse, damit sie sowohl die Belastung aushalte als auch gute Abpolsterung gewährleiste.

Die Ausnehmungen wurden daher tiefer zur Basis gesetzt und meist gegen dieselbe offen gehalten. Versuche zur Verbindung der Seitenwände mit der Basis oder durch Abstützen der Lauffläche waren erfolglos, da

die fortwährenden Durchbiegungen Brüche verursachten (Abb. 347 bis 349).

Es wurden Versuche angestellt, um zu bestimmen, welche Hohlraumform eine maximale Abpolsterung bei einer maximalen Festigkeit der Seitenwände zuläßt. In Frankreich verwendete *Ducasble* einen Hohlraum mit vertikalen, oben kreisrund gewölbten Seiten, während in den



Abb. 347. *Fawkes' Cushion*

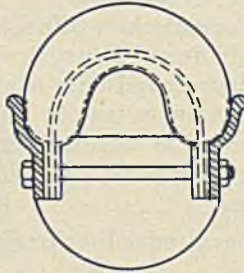


Abb. 348. *Stein Doppel „Cushion“*

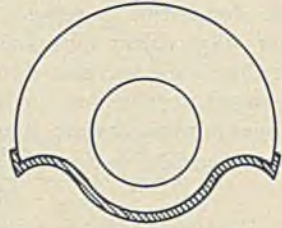


Abb. 349. *Berlin-Frankfurter Cushion*

Vereinigten Staaten die Goodyearkonstruktion angewendet wurde (Abbildung 350 bis 352).

Massivreifen wurden auf dem Stahlband wie vor 1900 aufvulkanisiert, diese Methode galt auch in den folgenden Jahren als die beste. Die Konstruktion wurde jedoch für »Cushion«-Reifen im nachfolgenden Jahrzehnt nicht angewendet. Der mit Stoff verstärkte Reifenfuß und die

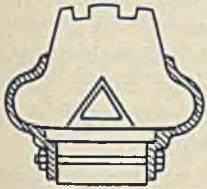


Abb. 350. *Englisches Patent von Stidder*

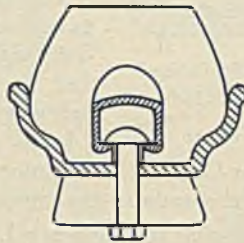


Abb. 351. *Ducasble (Frankreich) um 1900*

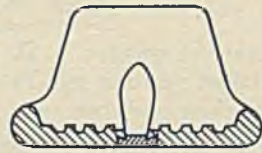


Abb. 352. *Hohlraum nach Goodyear*

»Clincher«-Wulsttype mit abnehmbaren Seitenflanschen beherrschte den »Cushion«-Reifenmarkt weiter.

Im Jahre 1920 wurde ein wesentlicher Fortschritt für den Prozeß des Anvulkanisierens der Cushionreifen an der Basis erzielt, und die meisten Fabrikanten übernahmen diese Type. Im allgemeinen bestand das Stahlband aus drei Teilen; der Reifen wurde an den zwei Seitenflanschenstücken anvulkanisiert und der dritte oder Mittelteil war ein geteilter Ring, der, nachdem er eingelegt war, mit den beiden Seitenteilen verschlossen wurde. Das Ganze wurde dann auf das Rad gepreßt.

Eine ähnliche Type wurde in Amerika im Jahre 1921 von der *Goodyear Tire & Rubber Company* konstruiert, bei der der Reifen



auf ein Stahlband anvulkanisiert wurde, das nur aus einem Stück bestand (Abb. 353). Bei derselben wurde der Reifen auf einem im Mittel gelegenen Sandkern aufgebaut, der mittels eines löslichen Bindemittels hergestellt war. Nach der Heizung wurde durch Löcher im Kernsitz Wasser in die Höhlung eingespritzt und der Sand ausgewaschen. Diese späteren Konstruktionen wurden seit ihrer Einführung nicht mehr wesentlich abgeändert.

Die Aushöhlung im hochelastischen (Cushion-) Reifen macht ihn in der Struktur schwächer als den Vollgummireifen der gleichen Größe, er trägt daher eine Last entsprechend dem nächstkleineren Vollgummireifen. Sie werden den Vollgummireifen für leichtere, schnellere Lastwagen vorgezogen, insbesondere für Vorderräder und erzielen für diesen bestimmten Zweck dieselben Kilometerleistungen wie Vollgummireifen.

### Sektionen- oder Blockreifen

Während des vorigen Vierteljahrhunderts war vorübergehend für den Sektionen- oder Blockreifen Interesse vorhanden, hauptsächlich wegen der schlechten Resultate mit Vollgummireifen. Das Auswechseln einzelner Blöcke oder Sektionen schien die Lösung zu sein, wenn ein Teil der Lauffläche unbrauchbar war. Diese Methode wurde besonders in

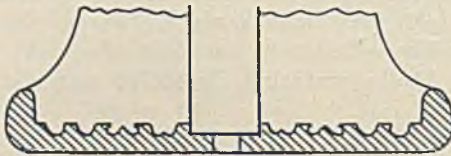


Abb. 353. „Cushion“ Reifen-Stahlband aus einem Stück (Goodyear-Type)

England beliebt, wo sie vielfach als »Clincher-Grid«- oder »Elephant Tread«-Reifen bekannt wurde (Abb. 354 bis 356).

Die Form und die Befestigung der Blöcke ermöglichte die Verwendung von Ersatzmaterialien für Gummi, so daß die verschiedensten Materialien ge-

braucht wurden, z. B. Holz, Stoff, Papier, Leder usw. Viele dieser Materialien wurden mit Teer oder Gummi imprägniert, um sie wasserdicht zu machen und dann vor der Verwendung zusammengedrückt.

Diese Reifentype bewährte sich für schwere Lasten nicht, da sie nicht genügend Berührungsfläche mit der Fahrstraße hatte und sich die Blöcke ungleich abnutzten und bald locker wurden.

### Der moderne Massivreifen

Ogleich die Anvulkanisierung mit Hartgummi an das Stahlband bis gegen 1920 für hochelastische Reifen nicht verwendet wurde, haben wir erwähnt, daß dieselbe vor 1900 für Massivreifen benutzt wurde. In dieser Zeit waren die Lastwagen verhältnismäßig leicht und meist von Pferden gezogen, aber ungefähr im Jahre 1910 waren Lastwagen mit Gasmotorenantrieb vorherrschend. Während dieser Zeit des Überganges wurden die Lasten verdoppelt und der Massivreifen begann teilweise seine Eigenschaften als Wagenreifen zu verlieren. Es wurde nicht nur die Reifen-

basis von 2 bis 3" auf 5 bis 6" vergrößert, sondern auch die Formgebung geändert, indem die Laufflächen runde oder ovale Konturen bekamen. Innere Drahteinlagen waren selten, doch waren die Reifen abnehmbar und auf der Grundfelge durch Seitenflanschen, Ringe oder Bolzen gehalten (Abb. 357 bis 359).

Im Jahre 1910 begannen die Fabriken Garantien für Laufzeit und zulässige Belastung zu geben. Jede Gesellschaft hatte diesbezüglich ihre eigenen Ideen, so daß die Garantiebedingungen sehr verschieden aus-

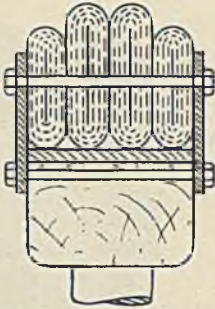


Abb. 354. „Commerz-Reifen“



Abb. 355. Sektionenreifen  
(North British Rubber Co.)

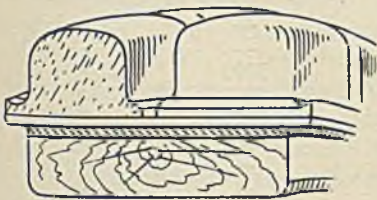


Abb. 356. Goodyear-Blockreifen

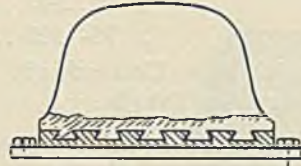


Abb. 357. Goodrich-Hartgummi,  
drahtlos

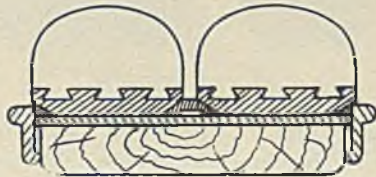


Abb. 358. Goodyear-Doppelreifen,  
abnehmbar

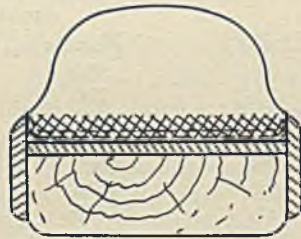


Abb. 359. Diamond-Netzbasis

fielen und einen interessanten Überblick über die Verhältnisse darboten, die damals in der neuen Motor-Transportindustrie herrschten. Manche Fabriken garantierten, »daß ihre Reifen durch 90 Tage nicht locker werden oder von den Rädern losgehen, frei von Material- und Arbeitsfehlern«.

Eine andere Firma gab eine Meilengarantie entsprechend den Straßenbeschaffenheiten usw. Eine andere Firma garantierte ein Jahr für die Benutzung auf Lastwagen, wenn die durchschnittliche Tagesleistung



25 Meilen nicht überschritt. Andere garantierten 8000 Meilen in einem Jahr für Lastwagenbenutzung. Diese ließen eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 30 Meilen per Tag durch jährlich 250 Tage zu.

Eine Gesellschaft arbeitete folgendes Schema für die Meilen und Monate aus:

bis 25	Meilen täglich	=	12	Monate
„ 25—30	„	„	=	9 „
„ 35—50	„	„	=	6 „
„ 50—75	„	„	=	4 „
„ 75—100	„	„	=	3 „

Beträchtliche Unterschiede waren in der zulässigen Belastung laut nachfolgender Tabelle.

Reifenbreite	Zulässige Belastung in lbs.	
	Vollast in lbs.	
	einfach	doppelt
2"	500	—
2½"	750	1 900
3"	950	2 500
3½"	1 375	3 500
4"	1 750	5 000
5"	2 000	6 000
6"	3 000	10 000
7"	4 000	—

Aus dieser Aufstellung ist ersichtlich, daß zwischen Reifenbreite und Reifendurchmesser keine Relation ausgearbeitet wurde und daß für Zwillingstreifen 25 bis 166% größere Belastungen zugelassen wurden.

Eine Firma brachte Zeit und zulässige Belastung wie folgt in Beziehung:

Breite	Zulässige Ladefähigkeit in lbs.			
	einzeln		doppelt	
	3 Monate	6 Monate	3 Monate	6 Monate
2"	500	400	—	—
2½"	750	600	—	—
3"	1000	800	3000	2500
3½"	1400	1000	4000	3000
4"	2000	1500	3500	4500
5"	2500	2000	6500	5500
6"	3700	3000	—	—
7"	5000	4000	—	—

Die Durchsicht der Gewichts- und Meilentabellen zeigt, daß die Lebensdauer eines Reifens ein Jahr nicht übersteigt und daß die Gesamtleistung zwischen 7000 bis 9000 Meilen lag.

Ähnlich wie in den vorhergehenden zehn Jahren, zeigten die Jahre 1910 bis 1920 eine stufenweise Entwicklung. Abnehmbare und nicht abnehmbare Typen waren für die neuen Verhältnisse ungeeignet und wurden nur mehr für leichte Fuhrwerke und geringe Lasten verwendet.

Die Straßenbauingenieure folgten dem neu entwickelten Transportwesen nicht so rasch, so daß der Verkehr zwischen den einzelnen

Städten gering war und bloß auf den Verkehr in den Städten selbst beschränkt blieb. Von den schwer demontierbaren Zwillingsreifen  $36 \times 7$ , die durch Drähte, Seitenflanschen oder Bolzen befestigt waren, ging man zu dieser Zeit zu dem aufgepreßten  $40 \times 14$  Jumbo mit anvulkanisiertem Reifenfuß über (Abb. 360).

Diese neue Methode der Befestigung des Reifens samt Stahlband auf dem Rade wurde bald als die einzig richtige erkannt. Für große Reifen ist der Raddurchmesser mit einer Toleranz von  $+ 0.19''$  und  $- 0.009''$  festgelegt. Das Stahlband auf dem der Reifen aufvulkanisiert ist, wird im

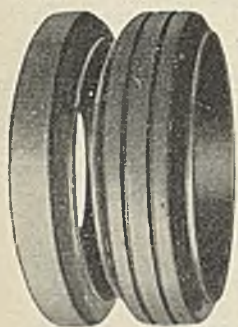


Abb. 360. Der schwere Jumbo-Reifen

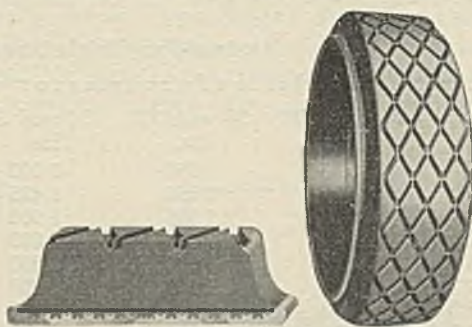


Abb. 361. Extra schwerer Reifen

Innendurchmesser etwa  $0.075''$  kleiner gemacht, mit einer Toleranz von  $\pm 0.006''$ . Diese Differenz von  $0.075''$  im Durchmesser wird als Anzug (englisch: »nip« oder »pinch«) bezeichnet und sind spezielle Pressen zum Auf- und Abpressen auf die Räder notwendig. Die Größe des »Anzugs« soll erfahrungsgemäß über 5 Tonnen per Zoll nomineller Breite sein, so daß für einen  $6''$ -Reifen der Preßdruck 30 Tonnen und für einen  $14''$ -Reifen 70 Tonnen beträgt.

1920 erreichte der schwere Lastwagenreifen sein Höchstausmaß (Abbildung 361). Die Gesamtquerschnittshöhe inklusive Stahlband war gewöhnlich über  $3''$ , welche Höhe in den folgenden Jahren als die praktischste erkannt wurde. Dieses Maß bestimmte die Größenbezeichnung und wurde auch in den nächsten Jahren beibehalten, obgleich manche Reifen weniger als  $3''$  hoch, hochelastische Reifen dagegen fast zweimal so hoch waren. Nachfolgendes Beispiel zeigt die Größenbestimmung.

Nomineller äußerer Durchmesser		Stahlbandbreite		Tatsächlicher Rad-Durchmesser	Nominelle Querschnittshöhe
36	×	6	—	30	3''

Die doppelte Höhe des Querschnitts plus Raddurchmesser ist gleich dem Außendurchmesser.

Wenn in der Praxis jedoch die Querschnittshöhe von  $3''$  abweicht, so ist dementsprechend die Differenz vom nominellen Außendurchmesser zum wirklichen Außendurchmesser zweimal so groß. Im allgemeinen sind



die Laufflächen der kleineren Reifen glatt, die der größeren Reifen dessinert. Das Anzugsmoment wurde für besonders wichtig gehalten und deshalb erzeugten fast alle Fabriken Reifen mit Gleitschutzstreifen für sämtliche Größen.

Im Jahre 1926 wurde zur Beförderung besonders großer Lasten der Reifen  $40 \times 16$  geschaffen. Spätere Entwicklungen haben gezeigt, daß sogar dieser riesige Reifen in manchen Fällen unzulänglich war und mußten 10"-Zwillingsreifen oder in besonderen Fällen 14"-Zwillingsreifen verwendet werden. Bei Zwillingsreifen ist die zulässige Tragfähigkeit nicht doppelt so groß wie bei den entsprechenden Einzelreifen.

#### Maximal-Tragfähigkeit von Massivreifen

Breite	Nomineller Reifendurchmesser über und über gemessen				Max. zulässige Geschwindigkeit Meilen p. Std.
	26 und 28" lbs.	30 und 32" lbs.	34 und 36" lbs.	38" und darüber lbs.	
3"	900	950	1 000		22
3½"	1 275	1 350	1 425		22
4"	1 700	1 800	1 900	2 000	22
5"	2 550	2 700	2 850	3 000	22
6"	3 400	3 600	3 800	4 000	18
7"	4 250	4 500	4 750	5 000	18
8"	5 100	5 400	5 700	6 000	18
10"	6 800	7 200	7 600	8 000	18
12"	8 500	9 000	9 500	10 000	18
14"	10 200	10 800	11 400	12 000	18
16"				14 000	18

#### Aufbau des Querschnitts

Die wichtigsten Querschnittmaße bei der Konstruktion eines Reifens sind die Höhe des Querschnittes und die Breite der Lauffläche. Ebenso wichtig ist das Gummivolumen, da dasselbe aber durch Höhe und Breite bestimmt wird, ist es nur bezüglich des Kostenpunktes beachtenswert.

Die folgenden Punkte sind für richtige Dimensionierung zu beachten:

- a) Das Maß der gewünschten Abfederung,
- b) Art der Dienstleistung,
- c) die Raumverhältnisse beim Fahrzeug,
- d) die Ansprüche an die Lauffläche.

Auch die bezüglich der Straßenbenutzung vorgeschriebenen Gesetze sind zu berücksichtigen. In manchen Fällen ist eine Minimalhöhe vorgeschrieben und die Reifen müssen ausgewechselt werden, wenn sie bis zu dieser Höhe abgefahren sind. Andererseits wird manchmal vorgeschrieben, daß die nominelle Reifenbreite mindest zwei Drittel der ganzen Reifenbreite sein muß.

Da die Laufflächenhöhe sehr wichtig ist, muß auf das geringe Einspringen während der Vulkanisation Rücksicht genommen werden. Dieses Einspringen beträgt etwa  $2\frac{1}{2}\%$  des Reifenquerschnittes.

Die Reifen können mit ziemlich hoher Lauffläche hergestellt werden, doch muß die Breite groß genug sein, um den Körper des Reifens zu tragen, ohne daß seitliches Ausbiegen eintritt. Manche Reifen geben mit einer Gesamtquerschnittshöhe von 6" gute Resultate.

Wenn die Reifen überladen werden, drücken sich dieselben an der Grundfläche ab (siehe a in Abb. 362). Da es aber in der Praxis üblich ist, die Reifen zu überladen, erhalten extraschwere Typen entlang dieser Abscherlinie entsprechende Formgebung der Seitenwände, so daß die Scherwirkung und dadurch auch die Erwärmung vermindert wird, die zum Platzen Anlaß gibt.

### Massiv-Lastwagenreifen für die Industrie (Industrial Solid Truck Tires)

Eine immer wichtiger werdende Massivreifentype ist jene für industrielle Lastwagen. Die Einführung dieser Type begann ungefähr 1905, als der schwere Vollgummi-Autoreifen bereits veraltet war. Obgleich Lastwagen und Schleppfahrzeuge für den Lastentransport in Fabriken schon viel früher verwendet wurden, waren die meistverwendeten Reifen aus Eisen.

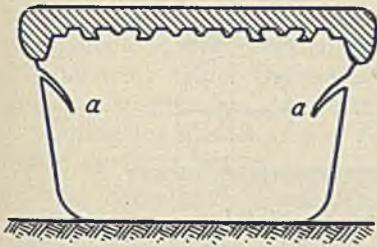


Abb. 362. Einschneiden infolge von Überlasten

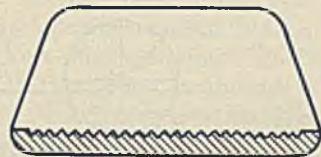


Abb. 364. Flaches Stahlband für industrielle Fahrzeuge

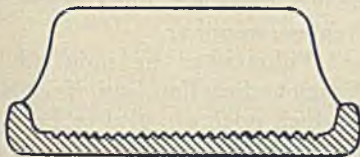


Abb. 363. Vertieftes Stahlband für industrielle Fahrzeuge

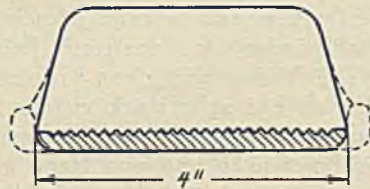


Abb. 365. 4" flach auf 4" vertieftem Stahlband aufgelegt

Die ersten Gummireifen wurden nur an Krafttraktoren benutzt. Arbeitskräfte waren reichlich vorhanden und die Industrie noch nicht leistungsfähig, so daß keine Notwendigkeit vorlag, dem Mann der die Wagen schieben mußte, seine Arbeit durch leichteres Rollen der Fahrzeuge zu erleichtern. Niemand dachte daran, daß mit Gummireifen richtiger Zusammensetzung mehr Schritte gemacht und größere Lasten bewegt werden könnten, bis nach einem Jahrzehnt sich endlich die Gummireifen für handbewegte Lastenfahrzeuge durchsetzten.

Die Reifen für industrielle Zwecke wurden zuerst nicht für möglichst gute Abfederung der Last gebaut, also mit hohem Profil, sondern für eine Abfederung der größtmöglichen Last. Das Problem war immer, so weit wie möglich, die Abfederung auf vier Rädern unter der niederen Plattform eines schwerbeladenen Fahrzeuges zu erzielen.



Da größere Geschwindigkeiten nicht in Frage kamen, konnte die Konstruktion für einen langen Zeitraum normalisiert werden. Eine Querschnittshöhe von 2" gab genügende Abfederung, und mit Rücksicht auf die geringen Geschwindigkeiten war es nur notwendig, Reifen mit genügender Breite zu schaffen, um die entsprechenden Lasten zu tragen.

Die ersten Reifenkonstruktionen der großen Autolastwagenreifen hatten vertiefte Stahlbänder (Abb. 363). Diese hatten den Vorteil, daß die Flanschen die Verbindung zwischen Lauffläche und Reifenfuß schützten.

Da die Flanschen größere Breite beanspruchten, die der Raumverhältnisse halber manchmal nicht zulässig war, mußten die Flanschen oft abgeschnitten werden, wodurch wieder ein flaches Stahlband entstand (Abbildung 364). Dadurch konnten in solchen Fällen die nächst größeren Reifen mit flachem Stahlband montiert werden, wie dies aus Abb. 365 ersichtlich ist.



Abb. 366. Graphische Darstellung der Achsbewegung

Daraus ist zu ersehen, daß das 4"-Stahlband genau 4" breit ist, während die Breite des vertieften Stahlbandes 4" plus der Dicke der zwei Seitenflanschen beträgt. Dies ist in ähnlicher Weise für alle Größen der Stahlbänder für industrielle Fahrzeugreifen verwendbar.

Die Verwendung von Gummireifen auf Fahrzeugen im industriellen Betrieb hat sehr stark zugenommen. Obgleich dieselben auf Kraftlastwagen allgemein verwendet werden, wird doch noch ein großer Teil der Schleppwagen und von Hand gezogenen Fahrzeugen nicht mit Gummireifen ausgestattet. Hauptsächlich deshalb, weil das Fahren mit Gummireifen mehr Kraft erforderte. Dies führte zur Herstellung einer Gummimischung, die weniger Kraft erforderte, durch eine der führenden Reifenfabriken, insbesondere für von Hand bewegte und für elektrische Lastwagen. Auf sehr glattem Boden rollen Eisenreifen leichter als Gummireifen; die Ursache liegt darin, daß auf glattem Boden keine kleinen Hindernisse sind, die eine plötzliche Vertikalbewegung der Last verursachen, wodurch die Anzugskraft erhöht wird. Auf rauhem Boden hebt der Eisenreifen die Last vertikal in gleiche Höhe wie die Unregelmäßigkeiten des Bodens, während der Gummireifen das Hindernis mit geringerer Vertikalbewegung in sich aufnimmt (Abb. 366).

Diese Vertikalbewegung hängt von der Größe des Hindernisses, der Reifengröße und von der Weichheit der Gummiqualität ab. Verschiedene Mischungen wurden je nach der Art der geforderten Bedingungen hergestellt, sowohl für Abnutzung und Abradierung als auch für ein Maximum der Polsterwirkung. Alle Reifen für industrielle Fahrzeuge

haben dieselbe zulässige Belastung für dieselbe Reifengröße unabhängig von der Mischung.

*Maximale Ladefähigkeit für industrielle Fahrzeugreifen*

Außendurchmesser über und über	R e i f e n b r e i t e							
	2½"	3"	3½"	4"	4½"	5"	6"	7"
5 bis 7" inklusive	325	425	550	700	900	1100		
8 bis 12" "	450	550	700	900	1100	1350	1900	2500
13 bis 12" "	550	650	800	1000	1250	1500	2100	2800
19 bis 26" "		800	1000	1300	1600	2000	2800	3600
27" und darüber		1000	1300	1700	2100	2500	3500	4500

Industrielle Fahrzeugreifen sind fast durchweg auf Räder aufgepreßt, da dies die sicherste Methode gegen Losgehen derselben ist.

**Erzeugungsmethoden**

Obleich Versuche mit den verschiedensten Materialien als Ersatz für Gummi in Massivreifen angestellt wurden, kamen diese infolge der Unzulänglichkeit ihrer Ergebnisse nie über das Versuchsstadium hinaus. Da Gummi trotz seiner Unzusammendrückbarkeit im ungeheizten Zustande leicht beweglich ist, gestattet er leichte Verarbeitung, während er im vulkanisierten Zustande ein Produkt ergibt, das besonders für Massivreifen geeignet ist.

Beim derzeitigen Stand der Wissenschaft ist es nicht möglich, einer Mischung alle notwendigen und wünschenswerten Eigenschaften zu geben. Die Lauffläche aus einer Mischung, die sich am wenigsten abnutzt, zeigt bei hohen Geschwindigkeiten und besonders schweren Belastungen Platzungen. Eine Lauffläche, die bei solcher Benutzung nicht platzt, nutzt sich zu rasch ab, gibt ungleiche Abnutzung und bricht zu leicht aus. Durch Elektrobatterien betriebene Lastwagen müssen mit Reifen ausgestattet sein, die wenig Kraft erfordern. Ein Reifen mit guter Abnutzung hat verhältnismäßig hohen Kraftverbrauch. Ein Reifen, der wenig Kraft beanspruchen soll, kann daher nur auf Kosten der Laufflächenabnutzung hergestellt werden.

Nachdem der Rohgummi mastiziert ist, wird er je nach der Reifentype mit Füllmaterialien gemischt und in Platten gezogen auf Vorrat gelegt. Zur Verarbeitung wird das Material auf einem Kalandar vorgewärmt und von diesem in Streifen mittels eines Transportbandes direkt in die Schlauchmaschine geführt. Diese ist eine große schwere Maschine und in der Arbeitsweise ganz ähnlich den kleinen Wurstmaschinen. Eine eiserne Schneckenwindel befindet sich in einem Gußgehäuse und befördert den zugeführten Gummi nach vorwärts zu einer Öffnung. Diese ist der wichtigste Teil der Maschine. Durch Einsetzen von Platten mit entsprechenden Ausnehmungen im Mittel sowie durch Dorne, die in die Platten hineinragen, wird der austretende Gummi gezwungen, jene Form anzunehmen, die für die spätere Reifenerzeugung notwendig ist.

Die auswechselbaren Platten werden als Kapsel (englisch »die«) bezeichnet. Für die früher gebräuchlichen kleinen Reifen waren die Kapseln klein und einfacher. Für die Reifen mit Innendrähten wurden Drähte



auf einer Verlängerung der Kapsel angebracht, um die Löcher in den Reifen zu bilden (Abb. 367).

Nachdem der Reifen auf der Schlauchmaschine gezogen war, wurde er auf Längen abgeschnitten und in die Löcher Federweiß eingeblasen, um das Zusammenkleben zu verhüten. Für Wagenreifen wurde der Gummi in kurzen, geraden Stücken geheizt und in die Löcher Drähte eingeschoben, die nach der Heizung wieder entfernt wurden.

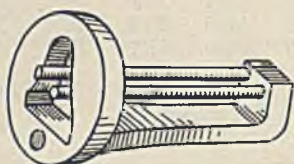


Abb. 367. Schlauchmaschinenkapsel für Innendrähte



Abb. 370. Strukturdarstellung des Gummianteils auf der Schlauchmaschine gezogen



Abb. 368. Doppelreifenprofil auf Schlauchmaschine gezogen

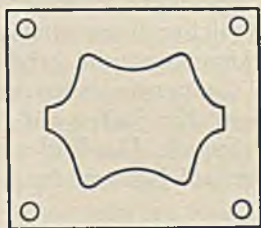


Abb. 369. Schlauchmaschinenkapsel für ebene Lauffläche

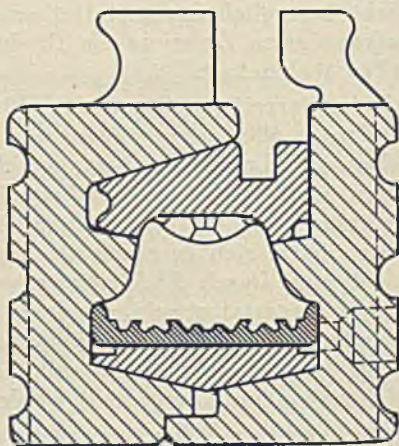


Abb. 371. Querschnitt durch eine Massivreifenform

Die Laufflächen für die modernen extraschweren Lastwagenreifen werden auf der Schlauchmaschine doppelt gezogen, durch einen straffgespannten Draht in der Mitte zerschnitten und zum Transportband befördert. Die gewünschte Form der Lauffläche zeigt die Abb. 368.

Die Schlauchmaschine erzeugt beträchtlichen Innendruck und nach Passieren der Kapsel geht der Gummi um 25 bis 50% im Volumen auf. Die Kapsel muß daher entsprechend klein und für ebene Oberfläche des Reifens konvex gemacht werden. Für die Herstellung einer Laufflächenform laut Abb. 368 muß daher die Kapsel die Form laut Abb. 369 haben.

Der Vorteil bei der auf der Schlauchmaschine in doppeltem Querschnitt gezogenen Lauffläche, die nachher entzweigeschnitten wird, be-

steht darin, daß durch die Umdrehungen der Schlauchmaschinenschnecke der Gummi kreisförmig geschichtete Struktur laut Abb. 370 erhält.

Dadurch wird die Grundfläche etwas uneben und verbindet sich besser mit dem Hartgummi.

Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß die Lauffläche in der richtigen Form gezogen werden kann, ohne daß ein nachträgliches Zuschneiden nötig ist. Der Hauptnachteil dagegen ist, daß die auf Gewicht und Länge zugeschnittene Lauffläche einen Zusammenstoß erhalten muß, nachdem sie auf das Stahlband auf einer extraschweren Aufbügelmaschine aufgelegt ist. Nach der Operation des Niederbügelns wird das Gewicht kontrolliert, dann wandert der Reifen in den Kessel zur Heizung.

Bei einer anderen Methode werden Massivreifen so erzeugt, daß auf das vorbereitete Stahlband von einem Kalandar weg schmale Gummistreifen aufgepreßt werden. Diese aufgelegten warmen Gummiplatten werden nach Gewicht und Form des Reifens entsprechend zugeschnitten. Angeblich sollen die so hergestellten Reifen raschere Abnutzung zeigen als die auf der Schlauchmaschine gezogenen Reifen, weil die Struktur der ersteren nicht so gleichmäßig ist.

Manche Fabriken verwenden eine Kombination beider Methoden, indem zuerst eine dünne Schicht von auf der Schlauchmaschine gezogenen Material auf das Stahlband aufgelegt wird und darüber die Platten vom Kalandar aufgepreßt werden, bis die gewünschte Höhe erreicht ist.

Der nächste Arbeitsgang besteht im Heizen der Massivreifen in schweren profilierten Formen. Das Stahlband wird durch Formringe zentriert, die außen genau an der Innenseite des Stahlbandes anliegen und sich innen konisch an die Form anschließen. Der Reifen wird etwas größer als die Form aufgebaut und dann in hydraulischen Pressen mit 1500 lbs. Preßdruck per Quadratzoll geheizt. Durch diesen Außendruck und durch die natürliche Ausdehnung des Gummis während der Heizung paßt sich derselbe der Form vollständig an, wodurch die genaue Lauffläche und Seitenfläche gebildet und eine gute Verbindung derselben mit dem Hartgummi und dem Stahlband gewährleistet wird (Abb. 371).

## V. Luftschläuche

### Geschichte und Theorie

Der Luftschlauch kann mit voller Berechtigung als das Herz des Pneumatikreifens bezeichnet werden. Seine Funktionen als Luftbehälter geben die Möglichkeit der guten Abfederung und gute Fahreigenschaften, so daß der Pneumatikreifen durch die ganzen Jahre der Entwicklung des Automobiles nicht durch Erfindungen ersetzt werden konnte, die darauf abzielten, mechanische Hilfsmittel zu verwenden.

Ein guter Schlauch muß aus hochelastischem Material hergestellt und so dimensioniert sein, daß er sich im aufgepumpten Zustand so ausdehnt, daß er glatt und ohne Falten im Innern des Reifens und an der Felge anliegt. Faltenbildung in der Wand oder die Verwendung von anderem Material als Gummi in einzelnen Teilen des Schlauchquerschnittes, zur



Verringerung der Ausdehnung, führt zu lokaler Überanspruchung oder Dünnerwerden der Wände und vorzeitigen Defekten.

Der Hauptzweck des Luftschlauches im Reifen ist, das Austreten der Luft zu verhindern. Der ihn umhüllende Reifen verhindert das Platzen beim Aufpumpen des Luftschlauches auf den Luftdruck, der notwendig ist, um das Wagengewicht zu tragen. Der Luftschlauch wird im ungedehnten Zustande nicht leicht beschädigt, Stiche oder Schnitte im ausgedehnten Schlauch kann auch das beste Material nicht aushalten.

Der Luftschlauch wurde ursprünglich mit dem Pneumatikreifen zusammen als Ganzes aufgebaut und gab infolge seiner Verbindung mit dem Reifen und seiner Einfachheit früher zu Patentstreitigkeiten keinen Anlaß, mit Ausnahme jener Fälle, wo Spezialkonstruktionen oder spezielle Materialien für die Erzeugung verwendet wurden.

In Amerika wurde der Luftschlauch zuerst gegen 1891 mit der G. und J.-Clincher- oder Doppelschlauch-Fahrradreifentype verwendet. Diese Luftschläuche waren endlos, wobei die Verbindung der Enden durch Überlappung vorgenommen wurde.

Das Aufmontieren der ersten Fahrradreifentype nach Clinchersystem war sehr schwierig und dies führte zu Anregungen mancher Art, um eine Verbesserung in dieser Hinsicht zu erzielen.

Als Erfolg derselben kam der Reifen von Morgan & Wright und die »Butt-end«-Schlauchtype, patentiert am 25. Juli 1893 mit Patent 502 047, bei welcher Methode die Schlauchenden während der Vulkanisation auf eine Distanz von etwa 2" flach verschlossen wurden.

Der Morgan & Wright- »Butt-end«-Schlauch wurde als gerader Schlauch erzeugt, auf der Schlauchmaschine gezogen, die Enden beim Vulkanisieren flach verschlossen und in einen Reifen mit überlappten Enden eingelegt, um den Luftschlauch zu schützen.

Nach dem Erfolg, den der Reifen und Schlauch von Morgan & Wright errungen hatte, wurden viele Methoden zum Verbinden der Schlauchenden eingeführt, und zwar Gummikupplungen, Ösen und Haken, Knöpfe, Hülsenverbindungen usw. Keine dieser Methoden war so erfolgreich wie jene von Morgan & Wright.

Die Beliebtheit des »Butt-end«-Schlauches war verhältnismäßig kurz, da ungefähr zugleich mit seinen Anfängen beträchtliche Fortschritte zur Vervollkommnung der Schlauchreifentype für Fahrradreifen gemacht wurden. Diese Type wurde auch bald die Standardreifentype in den Vereinigten Staaten.

Mit der Einführung des Motorrades wurde der »Butt-end«-Schlauch wieder vielfach verwendet, da die Konstruktion der ersten Motorräder bei Reifenwechsel ein Abmontieren des Hinterrades aus dem Rahmen erforderte. Beim »Butt-end«-Schlauch war nur die Demontage eines kleinen Sektors des Reifens nötig und konnte die schwierige Arbeit des Radabnehmens erspart werden.

Das größere Gewicht der Motorräder beanspruchte die Reifen mehr auf Durchbiegung und verursachte beim »Butt-end«-Schlauch Loslösungen und vorzeitige Defekte an den Enden durch Platzen oder Anreibungen.

Trotz aller Versuche, diese Fehler durch Verstärken der Enden zu verbessern, wurde der »Butt-end«-Schlauch immer weniger beliebt und der gewöhnliche endlose Schlauch bald allgemein verwendet, nachdem das Auswechseln der Reifen auf den Motorrädern wesentlich erleichtert worden war.

Für den Automobilreifen wurde die endlose oder kreisrunde Form des Schlauches immer verwendet. Wegen der auftretenden Nagelstiche und wegen der Anreibungen bei Berührung mit rostigen Felgen oder rauher Oberfläche im Reifen, wurden die verschiedensten Versuche unternommen, durch Schaffung neuer Typen diese Mängel zu beseitigen.

Während der Jahre der Entwicklung des Automobilreifens wurde der Aufbau des Schlauches wenig geändert, aber viele Versuche zur Verbesserung des Materiales und der Arbeitsmethoden gemacht, um mit den neuen Reifentypen Schritt zu halten und den Anforderungen der aufstrebenden Automobilindustrie zu genügen.

Das Material und die Arbeitsmethoden für Luftschläuche, die zur Zeit der 2000- bis 3500-Meilen-Reifen verwendet wurden, entsprechen bezüglich Haltbarkeit und Zweckmäßigkeit ohne weiteres auch den 20 000-Meilen-Reifen und Ansprüchen, die das moderne, schnelle Automobil stellt.

### Materialien

Die Vorarbeiten zur Verarbeitung des Gummis für Luftschläuche vor der Vulkanisation sind praktisch die gleichen wie für jeden anderen Gummiartikel.

Die Mischungen, die zuerst zur Luftschlaucherzeugung verwendet wurden, bestanden aus 94 Teilen Gummi und 6 Teilen Schwefel und waren die Schläuche als »Pure Gum«-(reiner Gummi)Schläuche bekannt.

Diese Typen erforderten sehr gut alternde und elastische Qualitäten und wurden daher, gegen 1895, schwerere Gummimischungen für die Schlaucherzeugung verwendet. Durch Verwendung von Bleiglätte oder hochwertigem Regenerat für graue Schläuche und Antimon- oder Eisenoxyd als Ersatz von Gummi in roten Schläuchen wurden die Kosten der Mischung reduziert. Der »Pure Gum«-Schlauch wurde für hochwertige Schläuche bis gegen 1920 verwendet.

Bei beiden Schlauchsarten, sowohl mit unbeschwerter (»Pure Gum«) als auch mit beschwerter Mischung, ergaben sich sowohl in der Erzeugung als auch in der Verwendung Schwierigkeiten, die die Chemiker bis 1920 nicht beheben konnten. Durch die Einführung der organischen Beschleuniger zu dieser Zeit wurde der rasche Fortschritt in der Erzeugung und die Herstellung dauerhafter Schläuche möglich.

Die reine Gummimischung erforderte für die Vulkanisation zu lange Zeit, und zwar von 2 Stunden bis 3 Stunden bei 280° F, je nach der Gummisorte und der Schwefelmenge. Auch war die Dehnung dieser Mischungen zu groß. Dieselbe klebte an den Dornen und Formen, die für die Vulkanisation verwendet wurden, leicht an, wodurch beim Abziehen der Schläuche von den Dornen große Schwierigkeiten entstanden und großer Schaden durch Ausschluß verursacht wurde.



Die Schläuche aus beschwerten Mischungen vulkanisierten in kürzerer Zeit, verloren aber bald nach Benutzung ihre Elastizität, wurden steif und leblos, so daß selbst kleine Reparaturen von Stichen oder dergleichen unmöglich wurden.

Durch die Verwendung von Beschleunigern, ungefähr im Jahre 1920 wurden diese Schwierigkeiten bezüglich der Mischungen behoben und die rasche Entwicklung in der Schlauchfabrikation ermöglicht, die nachfolgend beschrieben wird.

Die meisten Erzeuger von Luftschläuchen bemühen sich, eine Qualität herzustellen, die möglichst luftundurchlässig ist und sind daher in der Auswahl und der Reinigung des Rohgummis sehr genau; deshalb werden manchmal auch Rohgummisorten aus verschiedenen Schiffsloadungen für Luftschläuche vermischt, um ein möglichst gleichmäßiges Produkt zu erhalten.

Die wichtigsten Methoden zur Reinigung des Rohgummis sind: Abschneiden der Außenseiten der Rohgummiballen und nur Verwendung des mittleren Teiles. Sorgfältiges Waschen oder »Strainern«, d. h. den Rohgummi auf einer Schlauchmaschine durch ein feinmaschiges Sieb durchpressen. Derzeit wird in den meisten Fabriken die Plastizität und die Heizung der Mischung genau geprüft, bevor dieselbe zur Verarbeitung freigegeben wird.

#### Erzeugungsmethoden

Die Erzeugung von Luftschläuchen kann nach dreierlei Methoden vorgenommen werden, und zwar durch Rollen, Steppen oder durch Ziehen auf einer Schlauchmaschine.

Infolge der raschen Entwicklung der Arbeitsmethoden und der Maschinen für dieselben in den letzten Jahren, sind gewisse Unterschiede in den einzelnen Fabriken bei diesen drei Arten der Erzeugung zu beobachten.

Die Entwicklung kam so rasch, daß zwischen 1920 und 1930 in führenden Fabriken oft zwei und gewöhnlich alle drei Arbeitsmethoden zugleich angewendet wurden.

Zu Beginn der Schlaucherzeugung wurde gewöhnlich ein Arbeiter zur Ausführung verschiedener Arbeitsoperationen verwendet, später aber mit dem Fortschreiten der Entwicklung wurde die Arbeit des einzelnen spezialisiert und die fortlaufende Arbeitsmethode (Fließarbeit) eingeführt.

#### Gerollte Schläuche

Die ersten in Amerika erzeugten Schläuche waren für Fahrradreifen bestimmt und wahrscheinlich nach der Methode des Rollens erzeugt.

Der Gummi für diese Schläuche wird in Platten oder Streifen in gewünschter Dicke und Breite am Kalandr gezogen und in Stoffe eingewickelt. Sind die Gummipplatten genügend ausgekühlt, daß sie sich bei der Verarbeitung nicht verziehen, so werden sie aus dem Stoff gewickelt, auf einen mit Zinkblech beschlagenen Tisch gelegt und auf gewünschte Länge abgeschnitten.

Bei dieser Arbeitsmethode wird gewöhnlich die Gummiplatte so breit zugeschnitten, daß sie zwei- bis dreimal um den Dorn gewickelt werden kann. Die Enden der Platten werden so zugerichtet, daß der Schlauch auf eine Distanz von ungefähr 1" an jedem Ende nur einfache Plattenstärke erhält, wodurch das Zuschürfen der Schlauchenden erleichtert und übermäßige Stärke beim Stoß vermieden wird.

Beim Aufrollen der Gummiplatten auf den Dorn werden mittels einer konkav geformten Handwalze durch Vor- und Rückwärtsrollen die Platten niedergebügelt und die kleinen Luftblasen, die sich dabei bilden, vom Arbeiter mit einer scharfen Ahle aufgestochen.

Nachdem die Rollarbeit vollendet ist, werden die Schläuche durch Drehen unter Verwendung von ganz wenig Preßluft von den Dornen abgezogen, revidiert und in das Vulkanisierhaus befördert.

Aus der vorstehenden Beschreibung ist ersichtlich, daß die Arbeitsmethode sehr langsam und teuer und daher für die Fabrikation von großen Mengen nicht mehr verwendbar war.

Aus diesem Grunde wurde das Rollen der Luftschläuche durch verschiedene Methoden des Steppens ersetzt, die später beschrieben werden.

Für die Erzeugung der Automobilluftschläuche

wurde die Rollmethode einige Jahre hindurch wieder verwendet, und zwar in gleicher Weise, wie es oben für die ersten Fahrradschläuche beschrieben wurde. Diese Methode wurde später, als größere Mengen erzeugt werden sollten, nochmals verlassen.

Die ersten Schritte zur Verbesserung des Rollprozesses wurden ungefähr im Jahre 1912 mit der halbmondförmig gepolsterten und der pneumatischen Tischfläche gemacht (Abb. 372).

Für den gepolsterten Tisch wurde etwa 1" starker Filz oder Schwammgummi verwendet, der mit Stoff eingefaßt wurde. Pneumatische Tische wurden aus einer Lage vulkanisiertem Gummi und mehreren Lagen schwerer Stoffe hergestellt, die mit großer Spannung auf einem dreieckig geformten Holzrahmen befestigt wurden, der an einer Seite an der Oberfläche eines eisernen normalen Eisentisches angeschraubt war.

Die Abpolsterung, die durch diese Tischtype erzielt wurde, ermöglichte es, auch auf leicht verbogenen Dornen zu rollen und die Ventillappen aufzulegen, wobei an jedem Dornende ein Arbeiter beschäftigt war. Durch Drehen und Anpressen des Dornes an den Tisch wurde der notwendige Druck ausgeübt und dadurch für den Rollprozeß viel Arbeitszeit erspart (Abb. 373).

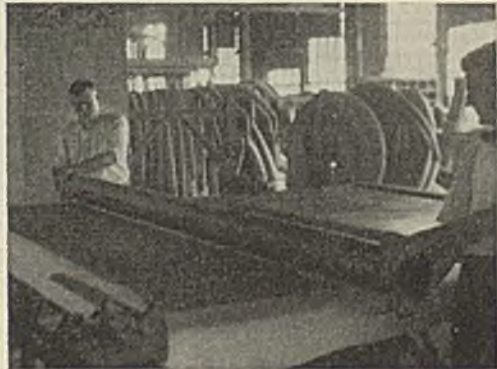


Abb. 372. Rollen der Schläuche auf pneumatischen Tischen



Bei diesen Arbeitsmethoden war es jedoch notwendig, den Schlauch vom Rolldorn abzuziehen und für die Vulkanisation auf einen anderen Dorn aufzuziehen. Einige Jahre später wurden Verbesserungen eingeführt, bei denen der Schlauch auf dem Dorn, auf dem er gerollt wurde, auch geheizt werden konnte.

Durch die Verbesserung der Heizmethoden wurde ein großer Fortschritt in der Fließarbeit für die Erzeugung gerollter Schläuche erzielt. Die Grundprinzipien derselben sind in der Praxis bei allen Fabriken die gleichen.



*Abb. 373. Rollen und Einwickeln der Schläuche.  
Teilweise Fließarbeit*

Zum Plattenziehen wurden Drei- oder Vierwalzkalander verschiedener Breite benutzt. Am Dreiwalzenkalander wurden die Platten in einer Stärke gezogen, während es am Vierwalzenkalander möglich war, zwei Platten in halber Stärke zu ziehen und die beiden Platten zu dublieren und in fortlaufenden Längen vom Kalander abzuziehen.

Diese Platten wurden auf die Schlauchlängen zugeschnitten und auf einem Transportband zu dem Rolltisch befördert.

Die Geschwindigkeit des Transportbandes war regulierbar und bedeutend größer als die des Kalanders, so daß ein kontinuierliches Arbeiten möglich war.

Für diese Einrichtung wurde der gepolsterte oder pneumatische Tisch immer verwendet. Das Transportband, das die zugeschnittenen Gummipplatten beförderte, wurde über die Oberfläche des Rolltisches geführt, da es aber sehr dünn und biegsam war, wurde die Polsterwirkung des Rolltisches nicht beeinflußt.

Nach dem Aufrollen der Schläuche wurden die Dorne zwischen rotierenden Backen eingespannt und durch Abstechmesser auf die gewünschte Länge zugeschnitten.

Dann wurden die Schlauchenden durch Gummi oder Stoffbänder abgebunden, um das Eindringen von Dampf zwischen Schlauch und Dorn zu verhindern. Die Schläuche wurden auf Wagen aufgeladen zur Vulkanisation befördert.

Kaum hatte die Reifenindustrie diese Vervollkommnung in der Schlauchfabrikation erreicht, als eine Änderung im Reifenbau und in der Räderausführung eintrat, die auch andere Methoden für die Schlauch-erzeugung notwendig machten.

### Schläuche mit Naht (Seamed Tubes)

Die Erzeugung der Schläuche mit Naht begann mit der zunehmenden Beliebtheit des Fahrrades. Zur Erzeugung wurden unmittelbar nach der Einführung dieser Methoden mechanische Hilfsmittel verwendet.

Diese Schläuche wurden in zwei Typen erzeugt, die gewöhnlich als »Butt-Seam« und »Lapped-Seam« bezeichnet wurden. Die besten und gebräuchlichsten Maschinen für die Erzeugung dieser Schläuche waren die Gammetermaschinen für »Butt-Seam«-Schläuche und die Ellinwood-Miller-Maschine für »Lapped-Seam«-Schläuche.

Für die Gammeter-Maschine wurden am Kaland kurze Streifen gezogen, die 3 bis 4" breiter waren als der Querschnittsumfang des zu erzeugenden Schlauches, und in entsprechend lange Stoffstreifen eingewickelt zur Schlauchformmaschine gebracht. Beim Auswickeln der Stoffstreifen an der Maschine liefen die Gummistreifen durch eine Vorrichtung, die eine Seite mit Federweiß leicht einstaubte, um das Zusammenkleben an der Innenseite zu verhüten, wenn die Schlauchformgebung erfolgte.

Nach dem Einstauben wurden die Streifen durch eine Vorrichtung geführt, die dieselben rund zusammenlegte und durch zwei rotierende Kreisscherenmesser auf die gewünschte Breite abschnitten. Der Abfall, der so entstand, wurde abgenommen und in einen Behälter unter die Maschine geführt.

Von den Kreisscherenmessern wanderte der Schlauch durch eine Gummierungsvorrichtung. Diese bestand aus einer kegelförmigen Aluminiumscheibe, die am äußeren Rand mit einer Stoffschnur umwickelt war. Die Scheibe wurde in Schräglage angesetzt und durch die Friktion beim Berühren mit den frisch zugeschnittenen Rändern des sich drehenden Schlauches mitgenommen. Die Scheibe tauchte bei ihren Drehungen mit dem unteren Rand in eine seichte Pfanne, die Gummilösung enthielt, die durch automatisches Nachfüllen auf konstanter Höhe gehalten wurde.

Von dieser Gummierungsvorrichtung wurde der Schlauch über einen ungefähr 250 Fuß langen Transportriemen geführt, um die Lösung zu trocknen.

Dann wurde der Schlauch zwischen einem Paar vertikaler Führungsrollen geleitet, und war mit den zugeschnittenen oder geklebten Rändern oben und unmittelbar darauf durch einen Satz horizontaler Rollen. Zwischen den vertikalen und horizontalen Rollen wurde durch einen kleinen Satz Druckrollen die Naht des Schlauches zusammengestept.

Der Schlauch ging dann über ein Eisenbrett und durch einen weiteren Satz horizontaler Rollen.

Hilfsmittel waren vorgesehen um einen Hartgummidorn in den Schlauch einzusetzen, auf dem die frisch gesteppte Naht niedergehämmert wurde.



Der Schlauch wanderte auf einem Transportband weiter, wurde auf Längen abgeschnitten und auf Bretter gelegt. Nach Prüfung wurden die Schläuche ins Vulkanisierhaus abgeliefert.

Manchmal wurden die nach dieser Methode erzeugten Schläuche entlang der Naht durch Auflegen eines dünnen Gummistreifens an der äußeren Oberfläche verstärkt.

Für die Ellinwood-Maschine wurde der Gummi in ganz derselben Weise vorbereitet wie für die Gammeter-Maschine, nur war es notwendig, die kalandrierten Streifen in ganz genauer Breite zu ziehen.

Bevor der Gummi in die Maschine eingeführt wurde, lief die Mitte der Platte auf einer Seite unter einer Bürste durch, die das Auftragen von Federweiß besorgte; um die gleichmäßige Zufuhr dieses Einstaubmittels zu sichern, erfolgte die Zufuhr aus einem Trichter mit einer mechanisch angetriebenen Förderschnecke.

Bei dieser Methode blieben die Ränder rein und frei von Federweiß, um die überlappte Naht zu machen. Nach dem Einstauben liefen die Streifen einfach durch einen Satz Führungen, die den Schlauch formten und die Ränder im gewünschten Ausmaß überlappten, und zwar gewöhnlich  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$ ".

Unmittelbar nach den Führungen passierten die Schläuche einen Satz Rollen, die den überlappten Teil fest zusammenpreßten und dann auf ein kurzes Transportband beförderten, wo die Schläuche auf Längen zugeschnitten und dann nach genauer Prüfung in den Vulkanisierraum geliefert wurden.

Zur Herstellung der Automobilschläuche, die größere Wandstärken hatten, genügten die mechanischen Vorrichtungen, die bei der Fahrrad-schlauchfabrikation verwendet wurden, nicht mehr, da dieselben nicht genügend sicher waren und die Schläuche nicht genügende Festigkeit erhielten.

Automobilschläuche nach der Steppmethode mit Naht wurden zuerst von Hand aus erzeugt. Der Gummi wurde entweder am Kalandrierstreifen von bestimmter Breite gezogen und die Ränder durch Schrägstellung der Messer am Kalandrier verlaufend zugeschnitten oder aber in Plattenform vom Kalandrier gezogen und dann in Streifen mit abgeschrägten Enden zugeschnitten.

Um das Ankleben zu verhindern, mußten die Schläuche immer eingestäubt werden. Infolge der in dieser Hinsicht auftretenden Schwierigkeiten beim Ziehen der Streifen am Kalandrier wurde diese Methode selten angewendet, da sie zu langsam und zu unsicher war.

Die Methode, den Gummi in Platten von 30 bis 40" Breite zu kalandrieren und dann in Streifen zu schneiden, wurde später bei einer der größten Fabriken mehrere Jahre hindurch angewendet und während dieser Zeit vielfach Verbesserungen in den mechanischen Behelfen und in den einzelnen Arbeitsgängen durchgeführt.

Bei Verwendung dieser Methode wurden die gezogenen Platten nach dem Verlassen des Kalandriers auf beiden Seiten leicht eingestäubt und hierzu entweder sehr hochwertiges Talkum oder Weizenstärke oder Kartoffelmehl verwendet.

Wenn die Platten so weit abgekühlt waren, daß beim Arbeiten eine Gefahr des Ausziehens nicht mehr bestand, wurden dieselben auf Längen zugeschnitten, auf Bretter gelegt und zu den Zuschneidetischen befördert.

Das Zuschneiden erfolgte auf Tischen mit Glasplatten. Die Gummipplatten wurden zuerst mit parallelen Linien entsprechend der gewünschten Schlauchbreite markiert und dann mittels schräggestellter Messer zerschnitten, so daß die Ränder schräg auslaufend waren (Abb. 374).

Bei dieser Erzeugungsmethode wurden die Ventillappen während der Stepparbeit im Innern des Schlauches aufgelegt (Abb. 375).



Abb. 374. Handzuschneiden der Schläuche



Abb. 375. Handsteppen der Luftschläuche

Später wurde nach Einführung mechanischer Hilfsmittel die Leistungsfähigkeit dieser Arbeitsmethoden stark gesteigert und ein großer Fortschritt in bezug auf Gleichmäßigkeit erzielt.

Die Streifenscheid- und Schürfmaschine von Nall-Tyler wurde vervollkommnet zum Schneiden der Gummipplatten in Streifen und Abschrägen der Ränder, wobei fortlaufende Längen von 50 Yards und darüber hergestellt werden konnten.

Das Schneiden von Hand wurde dadurch vollständig erspart. Dieser Abschrägemaschine folgte unmittelbar die Nallsche Schlaucherzeugungsmaschine, die das Zusammensteppen der Streifen zur Schlauchform verbesserte.

Mit der Einführung der »Watch-Case«- oder »Steam-Jacketed«-Formen zur Vulkanisation der Schläuche im Jahre 1925 begannen einzelne Fabriken die Arbeitsmethoden für »seamed-tubes« in Fließarbeit einzuführen. Die Gummistreifen wurden vom Kalandar direkt auf einen Transportriemen geführt und über Trommeln auf den gewünschten Durchmesser gewickelt. Die Enden dieser Streifen sind gewöhnlich unter einem Winkel von ungefähr  $45^\circ$  für das Spließen zugeschnitten, um den Stoß über einen größeren Schlauchumfang zu verteilen und zu verhindern, daß sich die Schnittpunkte von Naht und Spließ auf einen zu kleinen Raum konzentrieren. Nachdem die Enden auf diesen Trommeln zusammengesetzt sind, wird der Ventillappen in der Mitte des Streifens aufgelegt, die Mitte eingestaubt und das Ventil eingesetzt. Dann werden die Ränder dubliert, um den Schlauchumfang zu bilden oder überlappt an der Außenseite des Schlauches zusammengestept. Die Nähte werden niedergegrollt, der Schlauch von der Trommel abgezogen und ist nun zur Vulkanisation in der Form fertig.



### Auf der Schlauchmaschine gezogene Luftschläuche

Die Verwendung der Schlauchmaschinen zur Erzeugung von Luftschläuchen wurde erst mit dem Automobilschlauch gegen 1895 eingeführt.

Reine Gummimischungen, wie solche früher für Fahrradschläuche verwendet wurden, eignen sich gewöhnlich nicht zum Spritzen auf der Schlauchmaschine, weil sie sich nicht glatt ziehen lassen. Dies beruht darauf, daß die Schlauchmaschine nur imstande ist, das Gefüge des Gummis zu glätten, wenn demselben Füllstoffe beigemischt werden.

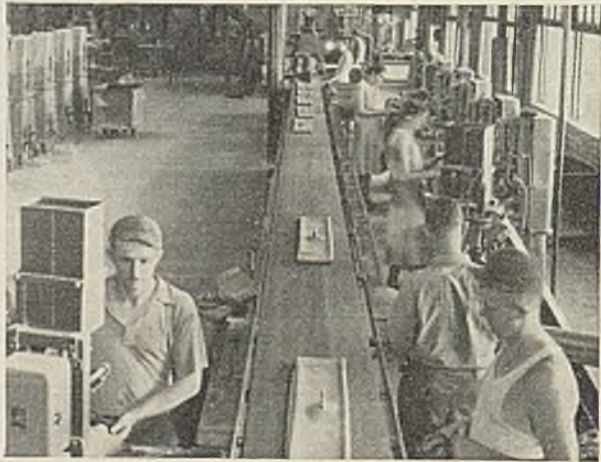


Abb. 376. Moderne Schlaucherzeugungseinrichtung in Fließarbeit

Anfangs wurden die Schnecken der Schlauchmaschinen mit konstanter Steigung erzeugt, später aber derart geändert, daß die Steigung vom rückwärtigen Teil des Zylinders gegen die Vorderseite zunahm. Diese Ausführung gibt dem Gummi bessere Kompression, quetscht die Luftblasen aus und vermeidet meistens Porosität im fertigen Schlauch.

Bei der ersten Verwendung von Schlauchmaschinen für Luftschläuche wurde der Gummi gewöhnlich im Walzwerksaal auf warmen Walzen vorgearbeitet, dann in Plattenform in Stoff eingerollt und zur Schlauchmaschine geliefert; der Gummi wurde hier in schmale Streifen geschnitten und in die Maschine eingeführt.

Diese Methode der Mischungszubereitung brachte beträchtliche Unterschiede im Gummi mit sich, je nach dem Zeitraum, der zwischen Vorbereitung am Kalandar und Verwendung an der Schlauchmaschine lag. Ungefähr im Jahre 1916 begannen die meisten Fabriken die Schlauchmaschinen und Vorwärmekalander in unmittelbarer Nähe zueinander aufzustellen.

Später wurden die Ungleichheiten dadurch vermieden, daß der Gummi am Kalandar in entsprechende Streifen geschnitten und durch eine Transportvorrichtung direkt in die vor dem Kalandar stehende Schlauch-

maschine geführt wurde. Durch diese automatische Materialzufuhr wurde eine gleichmäßige Beschickung der Schlauchmaschine möglich, während durch Bedienung von Hand aus bald zu wenig oder zu viel in die Schlauchmaschine eingefüllt wurde.

Durch verschiedene andere Erfindungen wurden die Transporteinrichtungen zum Wegbefördern der Schläuche von der Maschine verbessert. Zuerst wurden die Schläuche mit der Hand von den Maschinen abgenommen und dann auf mit Federweiß eingestaubte Bretter gelegt.

Später wurden mechanisch angetriebene Transportvorrichtungen eingeführt, die die Ungleichheiten, die durch die Manipulationen mit den heißen Schläuchen entstanden, teilweise behoben.

Neuestens verwenden viele Fabriken Schlauchmaschinen, die mit mechanisch angetriebenen Transportvorrichtungen verbunden sind, auf denen die Schläuche abgekühlt werden.

Da diese Einrichtungen hauptsächlich zur Formschlauchherzeugung dienen, werden alle Arbeitsoperationen, wie Abwiegen, Ventillappenauflegen, Abschürfen der Enden usw., längs des Transportbandes auf einer oder beiden Seiten vorgenommen (Abb. 376).

Bis 1927 war die Schlauchmaschine mit einer Schnecken­spindel allgemein in Verwendung. Seit dieser Zeit wurden in vielen Fabriken Schlauchmaschinentypen eingeführt, die mit zwei Schnecken­spindeln ausgerüstet sind.

Diese Maschinentype ist im wesentlichen genau so wie die früher verwendete Type, besitzt aber zwei Förderschnecken, die das Material in eine zentrale Kammer und zum Schlauchmaschinenkopf befördern, der die Kapsel und den Dorn enthält.

Diese Maschine ist bedeutend leistungsfähiger als die Schlauchmaschine mit einer Schnecken­spindel, da sie fast die doppelte Anzahl Schläuche in derselben Zeit erzeugt.

### Luftschlauchvulkanisation

Um ein gutes Aussehen der äußeren Oberfläche der Schläuche zu erhalten, ist es notwendig, für die Vulkanisation Metallformen zu verwenden.

Seit Beginn der Luftschlauchherzeugung bis ungefähr 1916 wurden hauptsächlich gerade Rohre aus Stahl oder aus Aluminium­legierung mit entsprechendem Durchmesser verwendet, die eine Länge von  $2\frac{1}{2}$  bis  $3\frac{1}{2}$  m hatten.

Nachdem das Gummimaterial auf diesen Rohren geformt war, wurde es mit Hilfe von Preßluft, die auf einer Seite eingblasen wurde, vom anderen Ende abgezogen.

Auf den Heizdornen wurden die Schläuche meist mit Stoff eingewickelt, um einen äußeren Preßdruck zu erzielen. Gewöhnlich wurde zweimal eingewickelt, und zwar die erste Wicklung gerade, die zweite schräge. Die gerade Wicklung wurde mit sehr leichtem Stoff von 18 bis 20" Breite und 12 bis 20" länger als der Schlauch vorgenommen.



Der gerade Stoffstreifen zum Einwickeln wurde gewöhnlich der ganzen Länge nach auf einer mit nassem Stoff bespannten Tischfläche ausgebreitet und der Schlauch am Tisch eingerollt (Abb. 377).



Abb. 377. Einwickeln von graden Schläuchen

Die zweite oder schräge Wicklung wurde mit etwas stärkerem Stoff als die gerade Wicklung vorgenommen. Der Stoff wurde in Streifen von  $2\frac{1}{2}$  bis 3" Breite aufgewickelt und war so lang, daß die ganze Schlauchlänge spiralförmig umwickelt werden konnte.



Abb. 378. Schrägwickeln der Schläuche

Zum Einwickeln wurden die Schläuche in eine Vorrichtung eingespannt, die einer besonders langen Drehbank ähnlich war. Auf einer Seite wurden die Metalldorne in eine mechanisch angetriebene Scheibe mit verstellbaren Backen eingespannt, während die zweite Seite in einem Holz- oder Metallfutter geführt wurde (Abb. 378).

Diese Maschinen wurden durch einen Fußhebel in Betrieb gesetzt, der unten entlang des Tisches über die ganze Schlauchlänge reichte und mit



Abb. 379. Einwickeln der Schläuche  
Abwickeln der Stoffstreifen von Holzdnornen

dem auch jederzeit die Ausschaltung des Antriebes erfolgen konnte. Die Wickelstreifen wurden gewöhnlich naß auf runde Holzdorne von etwa 10" Länge aufgerollt, die an den beiden glatten Enden eingestaubt wurden, um zu verhindern, daß der Arbeiter sich beim Abrollen die

Hände verbrenne. Die Wickelstreifen wurden beim Auflaufen gespannt, indem sie durch eine Anzahl Metallrollen geführt wurden (Abb. 379).

Besondere Schwierigkeiten ergaben sich bei Verwendung dieser Wickelstreifen durch Faltenbildung im Stoff, wodurch schwache Stellen im Schlauch entstanden, daher war besondere Geschicklichkeit erforderlich, um die Schläuche richtig einzuwickeln.

Die Schlauch-Vulkanisierungskessel waren in der Größe sehr verschieden und hatten dementsprechend einen Fassungsraum von 50 bis 300 Schläuchen, die Arbeitsweise bei denselben war während der ersten Zeit aber fast immer die gleiche (Abb. 380).

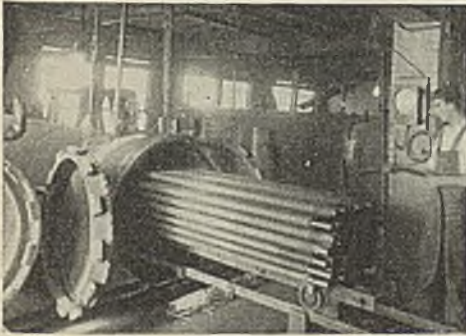


Abb. 380. Vulkanisation grader Schläuche



Abb. 381. Abziehen der vulkanisierten Schläuche von den Dornen

Die Schläuche wurden in Dampf geheizt und die Zeitdauer je nach der verwendeten Mischung festgelegt. In den meisten Fällen war die Vulkanisationszeit 2 bis 3 Stunden.

Nach der Heizung wurden die Wickelstreifen entweder mit der Hand abgenommen oder auf einen anderen Dorn mittels einer drehbankähnlichen Maschine umgewickelt und wieder auf Wickeldorne straff aufgerollt. Die Schläuche wurden dann mit Preßluft von den Heizdornen abgezogen (Abb. 381), wobei die Innenseite nach außen gedreht wurde, auf Lastkarren geladen und zum Zusammensetzen des Stoßes an die nächste Arbeitsstelle befördert.

Während die angeführten Methoden in Verwendung waren, wurden durch die Industrie viele Versuche zur Verbesserung der Arbeitsmethoden, der Lebensdauer des Materiales und der Maschinen gemacht, von denen noch nachfolgende nennenswert sind.

Lange Zeit war die größte Lebensdauer der Stahlrohre für die Heizung der Luftschläuche zwei Jahre, da dieselben infolge der fortwährenden Schwefelgasbildung bei der Vulkanisation Korrosionen bekamen.

Da hierdurch die Porosität der Eisenrohre immer größer wurde, erfolgte eine innige Verbindung des Eisens mit dem Gummi und verursachte große Schwierigkeiten beim Abziehen der Schläuche von den Dornen.

Im Jahre 1913 wurde eine Methode zur Behandlung der Dorne ein-



geführt, allgemein als »Sheridizing« bekannt, durch die Korrosionen vermieden und die Lebensdauer von vier auf acht Jahren erhöht wurde; außerdem wurden die Poren der Eisenrohre ausgefüllt, so daß das Abziehen der Schläuche leicht möglich war.

Die Stoffstreifen, die zum Einwickeln der Schläuche verwendet wurden, gingen ebenfalls vorzeitig zugrunde, da sie beim Vulkanisieren den Schwefelgasen ausgesetzt waren. Ungefähr 1915 wurde eine chemische Behandlung dieser Stoffe erfunden, die diese Einwirkung verhinderte und dadurch die Lebensdauer der Stoffstreifen wesentlich erhöhte.

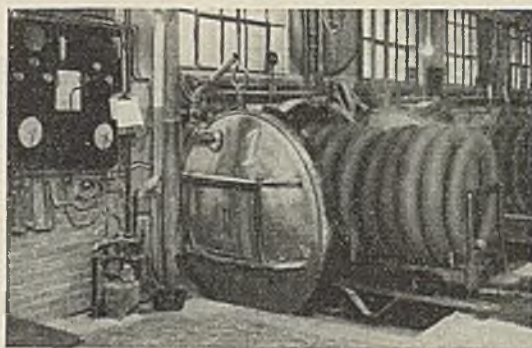


Abb. 382. Vulkanisation des Schlauches auf runden Dornen

Der gerade Stoffstreifen wurde verwendet, um die Abdrücke der Ränder der gerissenen schrägen Stoffstreifen zu vermeiden, da sich durch das Einschneiden in den Schlauch schwache Stellen bildeten. Durch Einführung eines Bandes mit dünnen Randleisten im Jahre 1916 wurden die geraden Stoffstreifen überflüssig.

Mit der Einführung der Lastwagen-Pneumatikreifen war die Verwendung von geraden Heizdornen für die Vulkanisation von Schläuchen mit so großem Querschnitte nicht mehr zweckmäßig, da sich beim Aufpumpen im Reifen am inneren Umfange Falten bildeten und sich die Schläuche ungleichmäßig ausdehnten.

Außerdem zeigte das im Mittel innen eingesetzte Ventil bei so großen Schläuchen die Tendenz sich seitlich zu verdrehen, wenn der Schlauch aufgepumpt wurde.

Zu dieser Zeit führten ausgedehnte Versuche dazu, den Schlauch auf einem geraden Dorn vorzuheizen und nach dem Zusammenspließen der Enden die Fertigheizung in einer schweren Vertikalheizform vorzunehmen.

Alle diese Bemühungen wurden aber 1916 aufgegeben, als die runden Heizrohre für die Schlauchvulkanisation eingeführt wurden.

Die Schläuche wurden auf diese runden Dorne genau so wie auf die geraden aufgezogen, dann schräg gewickelt, dann auf Lastkarren mittels Klammern vertikal befestigt und in dieser Lage in einen horizontalen Vulkanisierkessel eingefahren (Abb. 382).

Das Schrägwickeln auf runden Dornen wurde an Wickelmaschinen vorgenommen, die in horizontaler und vertikaler Bauart erzeugt wurden (Abb. 383).

Bei beiden Maschinen wurde das Einwickeln von einer Spule vorgenommen, auf der die Stoffstreifen aufgewickelt waren und erfolgte bei rotierender Bewegung der entsprechend geführten Spule das Ablaufen des Streifens durch Abbremsen unter bestimmter Spannung.

Bei der horizontalen Maschine wurde der Dorn in horizontaler Lage durch eine Anzahl konkaver Rollen geführt, die durch mechanischen Antrieb die Drehbewegung der Dorne besorgten.

Bei der vertikalen Maschine wurde der Dorn in vertikaler Lage zwischen konkaven Führungsrollen gehalten, die am unteren Teil des Dornes angeordnet waren.

Im Jahre 1922 wurde die Wasserheizung von Laursen eingeführt, bei der Vulkanisation der Schläuche ohne Einwickeln möglich war.

Für diese Heizung wurde ein doppelwandiger Kessel verwendet. Die Luftschläuche wurden auf den Dornen

in den mittleren Teil des Kessels eingeführt, der später mit genügend heißem Wasser gefüllt wurde, damit die Schläuche vollständig bedeckt waren. Die Wasserzufuhr erfolgte aus einem Speicher mittels Preßluft.

Dann wurde Preßluft von 150 bis 160 lbs. über das Wasser eingeleitet, um die nötige Pressung zu erreichen. Durch Dampfzirkulation im äußeren Teil des Doppelwandkessels konnte jede gewünschte Vulkanisationstemperatur erreicht werden. Der Luftdruck über dem Wasser verhinderte das Überkochen des Wassers in dem inneren Kesselteil während der Vulkanisation.

Unmittelbar nach der Einführung der Laursenschen Vulkanisation wurden Erfindungen chemischer Natur in bezug auf die Luftschlauchmischungen gemacht, die eine wesentliche Verbesserung der Qualität brachten.

Die Einführung der organischen Beschleuniger in Luftschlauchmischungen im Jahre 1921 ermöglichte es bald, Schläuche auf Metalldornen in offenem Dampf mit verhältnismäßig geringer Temperatur in sehr kurzer Zeit zu vulkanisieren.

Ogleich der Vulkanisationsprozeß nunmehr sehr befriedigend geworden war, da die Schläuche nicht mehr gewickelt werden mußten, wurde derselbe wieder verlassen, als sich die Ballonreifentype mit großem Querschnitt und kleinerem Felgendurchmesser nunmehr einfuhrte.

Im Jahre 1924 wurde die Tiefbettfelge immer mehr verwendet und die Schläuche für diese Felgentype mußten fast so groß wie der innere

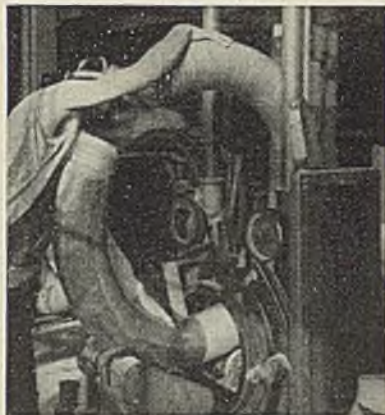


Abb. 383. Einwickeln eines Schlauches auf einem runden Dorn



Luftraum des Reifens gemacht werden, um befriedigende Leistungen der Schläuche zu erzielen. Für die Erzeugung dieser Schläuche wurde vielfach die Formheizung angewendet.

In den Jahren 1925 und 1926 wurden zahlreiche Typen und Konstruktionen von Schlauchformen erfunden und der Industrie angeboten und von verschiedenen Fabriken übernommen.

Heute sind allgemein horizontale, vertikale und schräggestellte Typen in Gebrauch, die alle nach dem »Watch-Case«-System mit Doppelwandheizung und automatischer Schließ- und Öffnungsvorrichtung ausgestattet sind. Die Heizung erfolgt durch die Zirkulation in der Doppelwand, die im Gehäuse untergebracht ist (Abb. 384).

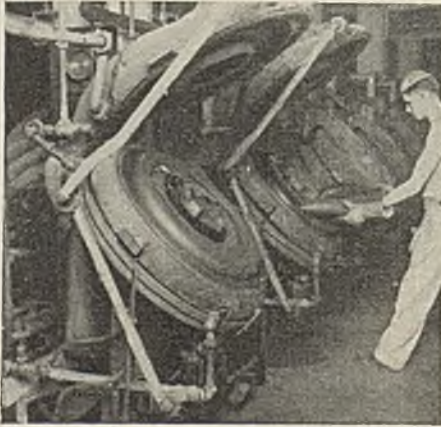


Abb. 384. Vulkanisation der Schläuche in Formen



Abb. 385. Abschrägen der Schlauchenden von Hand aus

Mit der Einführung der Formheizung für Luftschläuche wurden von den Chemikern neue Luftschlauchmischungen mit rascheren Vulkanisationseigenschaften entwickelt. Während früher Mischungen mit  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Stunden Vulkanisationszeit durchaus befriedigten, werden heute Mischungen verlangt, die in 5 bis 6 Minuten ausheizen.

Für die Vulkanisation in Formen werden die Schläuche zuerst geformt, dann auf Längen zugeschnitten, die Enden zugeschärft, der Ventillappen aufgelegt, das Ventil eingesetzt und der Stoß im ungeheizten Zustande zusammengesetzt. Diese Arbeit wird gewöhnlich am laufenden Band oder zum Teil entlang desselben vorgenommen. Die Schläuche werden entweder durch Steppen oder durch Ziehen auf der Schlauchmaschine geformt.

Unmittelbar nach dem Spleißen sind die Schläuche zum Einlegen in die Formen fertig, die dauernd auf der Vulkanisationstemperatur gehalten werden. Nach der Vulkanisation erfolgt die Befestigung der Ventilverschlüsse, die Prüfung, Kontrolle und das Verpacken in Schachteln.

## Spleißen der Schläuche

Zum Zusammensetzen oder Spleißen der Schläuche wurden früher die Enden scharfkantig zugeschliffen und die Oberfläche der Zusammensätze aufgeraut. Für die Methode des Rollens der Schläuche wurden die Enden der gezogenen Platten meist so zugeschnitten, daß sich an den Enden der Schläuche auf 1 bis 2" Länge nur die einfache Schlauchstärke ergab und die Enden durch Einwickeln scharfkantig auslaufend geformt. Rauhe oder ungleiche Enden konnten bei Verwendung dieser Methode mit Scheren geradegeschnitten werden.



Abb. 386. Schrägschneiden der Schlauchenden mit der „Allen“-Maschine



Abb. 387. Aufrauhnen der Schlauchenden

Einige Jahre hindurch wurden die gespritzten und gesteppten Schläuche auf Glas- oder Holzunterlagen von Hand aus zugeschürft. Bei dieser Arbeit wurden die Enden 2 bis 3" zurückgeschlagen, die Unterlage in den Umschlag eingesetzt und die Enden  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$ " durch Drehen des Schlauches über der Einlage nach jedem Schnitt abgeschrägt. Hierzu wurden achtzöllige flache Gummimesser verwendet (Abb. 385).

Im Jahre 1914 wurde die Allen-Maschine konstruiert, um die Enden der Schläuche abzuschrägen, wodurch eine bedeutend größere Leistungsfähigkeit für diesen Arbeitsprozeß erzielt wurde (Abb. 386).

Im Jahre 1922 wurde von L a u r s e n eine Scheibe zum Abschrägen der Enden eingeführt.

Diese wurde aus Gummiplatten, etwa  $\frac{1}{16}$ " stark, mit einem ungefähr  $\frac{1}{8}$ " größeren Durchmesser als der Schlauchdurchmesser hergestellt und am Schlauchende vor der Vulkanisation befestigt. Jede Scheibe hatte in der Mitte ein kleines Loch von  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$ " Durchmesser, je nach der Größe des Dornes für den sie verwendet wurde.

Die Scheiben wurden so stark ausgedehnt, daß sie über den Heizdorn gezogen und auf das Schlauchende aufgesetzt werden konnten.



Durch die Spannung preßte sich die Scheibe während der Vulkanisation in die Schlauchenden ein und erzeugte die gewünschte konische Abschrägung am Schlauchende.

Mit der Verwendung von Formschläuchen wurde diese Methode von Laur sen wieder verlassen und die »Allen-skiving«-Maschine kam wieder in Verwendung; nur wurden jetzt die rohen Schläuche statt der vulkanisierten abgeschrägt.

Das Aufrauhen der Schlauchenden wurde mit geringen Änderungen immer in derselben Weise vorgenommen.



Abb. 388. Zusammen-  
setzen der Schläuche  
mit Kaltvulkan  
(„Acid-Methode“)



Abb. 389. Vulkanisation der  
Stöße am dampfgeheizten  
Dorn

Anfangs wurden die Schlauchenden durch Einsetzen eines Holzdornes mit einer groben Raspel aufgerauht. Später wurde eine rotierende Drahtbürste benutzt, und diese Methode ist in verschiedenen Ausführungsformen auch heute noch allgemein in der Industrie in Anwendung (Abbildung 387).

Zum Aufrauhen der Enden unvulkanisierter Schläuche für die Formheizung ist es notwendig, sehr feinen biegsamen Draht oder grobe Haarbürsten zu verwenden. Sonst ist der Arbeitsvorgang genau derselbe wie für vulkanisierte Schläuche.

Früher wurde das Zusammensetzen oder Spleißen der Schlauchenden durch die sogenannte »Kaltvulkanisation« vorgenommen. Eine große Fabrik verwendete eine Kombination von Kalt- und Warmvulkanisation, bei der der Schlauch nach der Behandlung des Stoßes mit »Kaltvulkan« (Gemische von Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel) in einem kreisrunden Formheizapparat fertiggeheizt wurde.

Für kaltvulkanisierte Stöße wurden die aufgerauhten Enden über die Enden eines kurzen Metallrohres geschoben und mit Benzin abgewaschen. Die aufgerauhten und gereinigten Oberflächen wurden dann mit Gummi-

lösung verschieden stark eingestrichen. Manche Fabriken verwenden nur einen Strich, andere zwei und sogar mehr Striche.

Für die Verarbeitung mit »Kaltvulkan« werden zweierlei Methoden angewandt. Manche Fabriken mischen den Kaltvulkan mit der Gummilösung, die für den letzten Strich verwendet wird, zusammen, wobei unmittelbar nach dem letzten Strich die Enden zusammengesetzt werden. Durch Umstülpen des einen Endes über eine geteilte Hülse und Aufziehen des zweiten Endes wurden die mit Lösung eingestrichenen Teile verbunden. Um eine sichere Verbindung zu bekommen, wurden die Enden noch spiralförmig mit einem schmalen Gummistreifen umwickelt.

Andere Fabriken verwenden Kaltvulkan an den mit Lösung gestrichenen Oberflächen, nach sorgfältiger Trocknung der Lösung, dann werden die Enden zusammengesetzt und um eine gute Verbindung zu erhalten, mit Gummistreifen umwickelt (Abb. 388).

Die auf diese Art gespließten Schläuche bleiben gewöhnlich 1 bis 3 Stunden unter der Pressung der Gummiwicklung, dann werden die Wickelstreifen abgenommen und der Schlauch durch den hierfür vorgesehenen Schlitz vom Dorn abgezogen.

Die kaltvulkanisierten Stöße wurden in der Industrie niemals als vollständig befriedigend angesehen, da es notwendig war, die Überlappung beim Stoß ziemlich lang zu machen und weil oft Brüche oder Loslösungen im Stoß eintraten, insbesondere bei großer Erwärmung.

Für die Warmvulkanisation der Stöße wurden lange Zeit verschiedene Methoden versucht, bis im Jahre 1920 mit der Konstruktion des pneumatischen Dampfspließapparates die Frage restlos gelöst wurde (Abbildung 389).

Bei Verwendung dieser Methode wurde die Überlappung der beiden Enden von der gewöhnlichen Länge von 2 bis  $3\frac{1}{2}$ " auf  $\frac{1}{2}$  bis 1" reduziert.

Das Abschrägen und Aufrauhern der Enden wurde auf dieselbe Art vorgenommen wie beim kaltvulkanisierten Stoß, jedoch war die Verwendung von kurzen Metalldornen nicht mehr notwendig, da das Einstreichen und Zusammensetzen der Enden infolge der Kürze des Spleißes ohne Zurückschlagen der Enden möglich war.

Die Enden wurden so zusammengesetzt, daß ein Ende über einen kurzen, halbrunden Stab gefaltet und in das andere Ende eingesteckt wurde. Dann wurde der Stab entfernt und der Stoß mit den Fingern zusammengepreßt.

Die Vorrichtung zum Heizen der Spleiße bestand aus einem kurzen doppelwandigen Dorn von ungefähr 5" Länge, der im oberen Querschnitt mit einem um ein Scharnier drehbaren Teil ausgestattet war. Der Dampf zirkulierte durch den doppelwandigen Teil des Rohres, so daß jede gewünschte Vulkanisationstemperatur erzielt werden konnte. Um den Schlauch im Innern des Dornes vor Hitze zu schützen, wurde ein geteilte Führungsbüchse aus Aluminiumlegierung zwischen Schlauchende und geheizten Dorn eingeschoben.



Die Schläuche wurden durch den klappbaren Segmentteil des Heizdornes eingelegt, die Führung eingeschoben und der Schlauch so weit aufgepumpt, bis er gut gerundet war. Dann wurde der Schlauch über den Dorn zurückgeschoben, und zwar so, daß der Teil, der den Spleiß enthielt, auf dem heizbaren Teil zu liegen kam. Der Preßdruck wurde dadurch erzielt, daß der Heizdorn mit einer kleinen U-förmigen Metallkammer etwa 2" breit umschlossen wurde, die um ein Scharnier klappbar war und einen Heizschlauch enthielt.

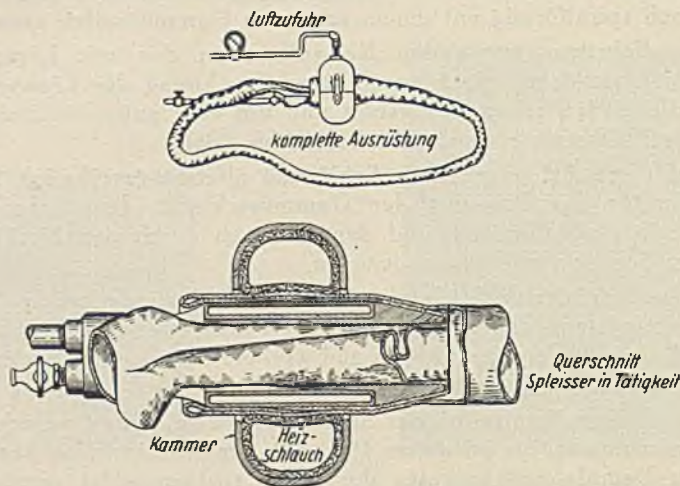


Abb. 390. Pneumatischer Dampfspleißapparat für Luftschläuche

Die Abb. 390 zeigt die Konstruktion des pneumatischen Dampfspleißapparates in allen Einzelheiten. Derselbe wurde von der »Pneumatik Tube Steam Splicer Company« in Baltimore, Maryland, ausgeführt.

Nach dem Schließen der Enden der Metallkammer mittels eines Schnellverschlusses wurde Preßluft in den Heizschlauch eingeführt, wodurch gleichmäßige Pressung am ganzen Umfange des Stoßes erzielt wurde.

Die außerordentlich gute und wirtschaftliche Methode des Spleißens der Luftschlauchenden auf dem dampfgeheizten Dorn wurde jedoch mit der Einführung der formgeheizten Luftschläuche überflüssig.

Bei dieser Vulkanisation wurde das Spleißen im rohen Zustande vorgenommen und die gleiche Methode zum Zusammensetzen verwendet wie bei dampfgeheiztem Spleiß.

Einige Zeit später wurden Versuche mit automatischen Spleißvorrichtungen angestellt, bei denen Stöße nach dem System der »butt end«-Type hergestellt wurden. Einige dieser Vorrichtungen haben jetzt einen solchen Grad der Vervollkommnung erreicht, daß voraussichtlich in absehbarer Zeit die Methode des überlappten Spleißes überholt sein dürfte.

### Die Prüfung der Luftschläuche

Trotz der Sorgfalt, mit der die Behandlung und Reinigung des Rohgummis und der anderen Bestandteile der Luftschlauchmischungen vorgenommen wird, entstehen doch manchmal kleine Löcher in dem Fertigprodukt, die durch eingeschlossene Fremdkörper hervorgerufen werden.

Außerdem werden während der verschiedenen Arbeitsperioden die Schläuche beim Hantieren oft durch Schnitte oder Stöße verletzt, so daß eine gewissenhafte Prüfung notwendig ist, bevor die Schläuche abgeliefert werden.

Vor vielen Jahren, als die Fabrikation noch klein war, wurden die Schläuche gewöhnlich aufgeblasen und auf Gestelle 24 bis 48 Stunden aufgehängt, um diese Fehler zu finden (Abb. 391).

Später wurden die Schläuche auf normale Größe aufgepumpt und in Wasser ganz eingetaucht; diese Methode war aber niemals befriedigend, weil die Bewegung des Wassers beim Eintauchen und Herausnehmen eine sorgfältige Beobachtung der sehr kleinen Löcher unmöglich machte.

Ungefähr im Jahre 1920 wurde eine Prüfmethode eingeführt, bei der die Schläuche über Metallspulen durch einen langen Behälter mit Wasser geführt wurden (Abb. 392). Die Entfernung der Spulen wurde automatisch vergrößert, so daß die Schläuche um 30 bis 50% in der Länge gedehnt wurden. Beim Durch-



Abb. 391. Prüfgestell für Schläuche

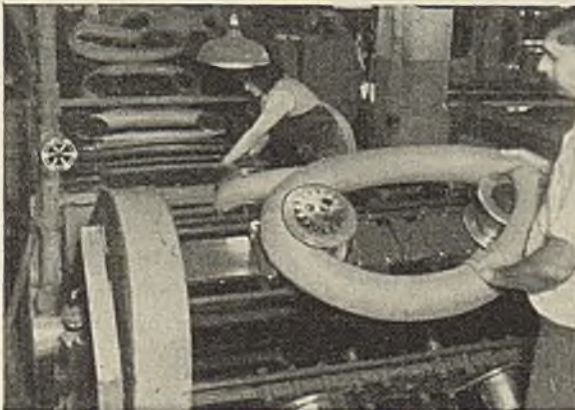


Abb. 392. Wasserprüfung für Luftschläuche unter Dehnung



führen der Schläuche unter Wasser mit dieser großen Dehnung war es verhältnismäßig leicht, auch die kleinsten Defektstellen zu finden.

Diese Maschinen wurden bald in der ganzen Reifenindustrie eingeführt, sie beanspruchen viel weniger Raum zur Prüfung als früher und ermöglichen es, die Schläuche nach der Prüfung sofort zu entlüften und zu verpacken, wobei fehlerhafte Schläuche mit größtmöglicher Sicherheit gefunden werden konnten.

### Entlüften der Schläuche für die Verpackung

Früher wurden die Schläuche zum Verpacken in der Weise entlüftet, daß der Ventileinsatz aus dem Ventilschaft herausgenommen und die

Luft durch Zusammenrollen in eine kleine Rolle ausgepreßt wurde. Dann wurde der Ventileinsatz wieder eingesetzt, der Schlauch aufgerollt und zum Einlegen in Schachteln zusammengefaltet.

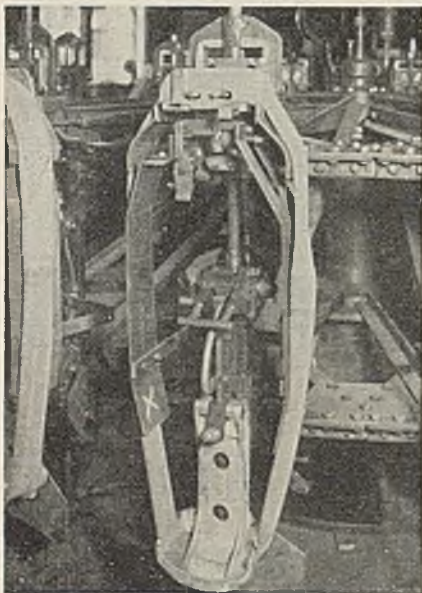


Abb. 393. *Vorrichtung zum Entlüften der Schläuche*

Im Jahre 1912 brachte die »Schrader Valve Company« eine mechanische Vorrichtung, bei der der Ventilschaft in ein Spezialfutter eingespannt wurde, das das Ventil offen hielt, während die Luft durch Vakuum abgezogen wurde (Abb. 393).

Die Verwendung dieser Vorrichtung brachte große Vorteile für diesen Arbeitsvorgang, und da durch Anbringung von Entlüftungsköpfen und mechanischen Vorrichtungen wesentliche Verbesserungen gemacht wurden, ist dieselbe heute in den verschiedensten Ausführungen in der ganzen Industrie eingeführt.

### Verpacken der Schläuche

Früher wurden die zusammengefalteten Schläuche in Schachteln gelegt, die mit der Hand geklebt, geheftet oder aus Spezialausschnitten zusammengesetzt wurden, wobei gewöhnliche Fabrikische verwendet wurden, deren Oberflächen meist mit Stoff oder Zinkblech belegt waren.

Heute werden die Schachteln mechanisch erzeugt und die Verpackung wird bei den führenden Fabriken auf Transportbändern vorgenommen, wodurch viel Handarbeit gespart wird.

Größe, Form und Gewicht der Schachteln sowie die dekorative Ausstattung derselben sind sehr verschieden.

Die Schläuche werden in Seidenpapier, Wachspapier oder gewöhn-

liches Packpapier eingewickelt, manchmal auch ganz ohne Umwicklung, in Schachteln verpackt. Die Art der Verpackung richtet sich ganz nach den Ideen der verschiedenen Fabrikanten.

### Ventile für Luftschläuche

Um die Luftschläuche aufzupumpen, war es seit jeher notwendig, irgendeine Ventilart zu verwenden.

Die allgemeine Idee der Verwendung von Ventilen zum Aufblasen von Gummiartikeln ist sehr alt; es ist historisch nachgewiesen, daß dieselben schon vor 1835 mit vollem Erfolg benutzt wurden.

Äußerlich glich das von Thompson in seinem Pneumatikreifen im Jahre 1845 verwendete Ventil ganz den heute gebräuchlichen Ventilsorten.

Das Fahrradventil wurde nach Art der Kissenventile konstruiert und das Autoluftschlauchventil ist im wesentlichen einfach ein vergrößertes Fahrradventil.

Seit dem Beginn der Reifen- und Schlaucherzeugung in Amerika wurde das Schraderventil allgemein gebraucht, zuerst für Fahrradreifen, später für Autoluftschläuche, bis ungefähr 1913 einige wenige andere Fabriken die Erzeugung von ähnlichen Ventilen aufnahmen.

Der Ventilkolben oder Ventileinsatz, wie die allgemein übliche Bezeichnung lautet, besitzt einen sehr empfindlichen Mechanismus. Die richtige und gute Funktion desselben im Betriebe hängt von dem tadellosen Aufsitzen eines kleinen scharfen Metallkonusses auf einer verhältnismäßig weichen Gummischeibe ab, die in eine kleine Metallkappe eingeschlossen ist.

Es ist sicher, daß Fehler im Ventil nicht durch irgendeinen bestimmten Mangel in der Ventilkonstruktion auftreten. Die gewöhnlichen Ursachen für Fehler im Ventil sind das Einklemmen oder Verbiegen der Ventilonadel beim Aufpumpen, die Verwendung ohne Ventilkappe oder ohne richtigen Schutz gegen Staub und Sand.

Vorzeitige Defekte im Ventil entstehen auch durch manche Fehler in den Reifen oder bei der Montage auf die Felgen, wenn ein Wandern der Reifen vorkommt. Diese übermäßige Beanspruchung der Ventilverbindung mit dem Schlauch oder einseitige Pressung des Ventiles durch Berührung mit der Radfelge sind die Ursachen der Defekte.

Seit der Verwendung der Luftschlauchventile durch die Industrie hatte die von Schrader geschaffene Type mit auswechselbarem Ventileinsatz einem konstanten Angriff jener Erfinder standzuhalten, die versuchten, mit anderen Ventilsorten die Schradertype zu verdrängen.

Während dieser ganzen Zeitperiode wurden nur ganz kleine Änderungen an dem Grundprinzip vorgenommen. Durch Verbesserung der Erzeugungsmethoden wurden Unterschiede in den Abmessungen der wichtigsten Teile und im Gewinde auf ein solches Maß reduziert, daß dieselben praktisch zu vernachlässigen sind. Auch wurden die Ventileinsätze bezüglich Dichthaltens wesentlich verbessert, aber abgesehen hiervon, sind die Ventile die gleichen geblieben.



Die Ventilschäfte werden mit Basisdurchmesser verschiedener Größe verwendet, die Schäfte selbst haben die verschiedensten Formen, je nach der Art der Reifen oder Rädertypen (Abb. 394).

Obgleich durch verschiedene technische Organisationen im Vereine mit der Automobilindustrie fortwährend seit 1925 Versuche unternommen wurden, um die Ventilformen und Größen zu normalisieren, ist bis heute ein wesentlicher Erfolg nicht gelungen.

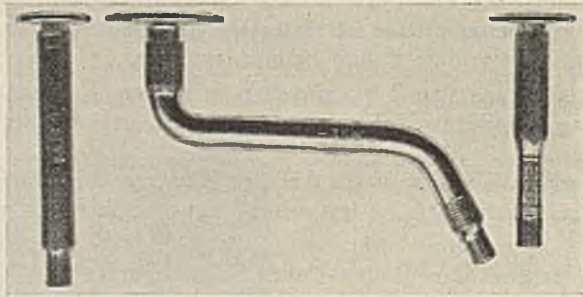


Abb. 394. Ventilschäfte

### Spezialschläuche

Alle vorerwähnten Luftschläuche hatten den Nachteil, daß sie gegen Stiche sehr empfindlich waren und solche Defekte für den Automobilisten oft sehr gefährlich und unangenehm waren. Es wurde daher eine ganze Anzahl der verschiedensten Spezialschläuche erfunden, um diesen Nachteil zu beheben.

Hierher gehören die Patente des mehrfach geteilten Schlauches, stichsichere Schläuche durch Selbstschließen der Verletzungen, verschiedene Arten von Luftersatz, und zwar flüssige und trockene Füllmaterialien und verschiedene Ausführungen armierter Laufflächen usw.

Zu der Klasse der in mehrere Unterabteilungen geteilten Schläuche gehören jene, die zwei oder mehrere Schläuche in dem Hauptschlauch enthalten. Wenn der Hauptschlauch eine Verletzung erhält, wird der die Verletzung verursachende Gegenstand, Nägel, Scherben o. dgl., entfernt, dann werden die Innenschläuche aufgepumpt, so daß ein Reifenwechsel überflüssig ist.

Andere unterteilte Schläuche sind im Querschnitt alle 2 bis 3" durch Kammern unterteilt. Bei dieser Type wird jede Kammer von der Felgenbasis durch einen kleinen Gummikanal mit Preßluft gespeist.

Im Falle einer Verletzung einer der Kammern werden die Abteilungswände durch den größeren Druck der benachbarten Kammer zusammengepreßt und dadurch auch die Luftzufuhr zur beschädigten Kammer so dicht zusammengedrückt, daß der Luftaustritt durch diese verhindert wird.

Zu den stichsicheren Schlauchtypen gehören auch jene Schläuche, bei denen die Schlauchwände durch Kompression im Falle einer Verletzung abdichten. Diese Schläuche werden in besonderen Formen so erzeugt,

daß der Querschnitt oder das Längsausmaß größer ist als das Reifeninnere, wodurch der Gummi beim Aufpumpen zusammengedrückt wird. Bei Verletzungen schließt sich der Gummi um den eindringenden Gegenstand und verhindert das Austreten der Luft.

Bei manchen dieser Schläuche wird die ganze Seitenwand zusammengedrückt, bei anderen nur der Teil, der mit der Lauffläche in Berührung ist.

Bei der letzteren Type wird der Schlauch gewöhnlich in der Laufflächenzone sehr verstärkt und die Schläuche werden auf einem runden Dorn vulkanisiert. Beim Abziehen vom Dorn werden die Schläuche umgedreht, wodurch die Oberfläche komprimiert wird.

Manche Schläuche dieser Type werden ganz aus Gummi erzeugt, manche mit Stoffeinlagen versehen, um den Schlauch zu verstärken und den Gummi unter der Lauffläche unter Pressung zu halten.

Andere stichsichere Schläuche werden so hergestellt, daß sie in der Laufflächenpartie eine Zwischenlage von unvulkanisiertem Gummi erhalten. Dieses plastische Material verhindert beim Eindringen eines Fremdkörpers das Ausströmen von Luft dadurch, daß es die schadhafte Stelle ausfüllt.

Für stichsichere Luftschläuche werden statt Luft auch Schwammgummi sowie weiche plastische Mischungen verwendet. Luftschläuche, die mit Gummiballen gefüllt wurden sowie Massivreifen mit kleinen Kammern, die komprimierte Luft enthielten, wurden manchmal benutzt.

Bei dieser Type waren zur Montage teure Vorrichtungen notwendig, wie hydraulische Pressen, außerdem war das Gewicht sehr groß, so daß dadurch diese Type nicht sehr beliebt wurde.

Außer diesen Spezialkonstruktionen wurden verschiedene Arten faseriger Stoffe sowie flüssige und staubförmige Materialien verwendet, die, in die Schläuche eingefüllt, bei Verletzungen des Schlauches die schadhafte Stellen verschließen sollen.

Zwischenlagen aus Filz, Spezialstoffen, Gummi usw. wurden zwischen Schlauch und Reifen eingelegt, brachten aber wenig Erfolg.

Trotz aller dieser Bemühungen, das Problem des stichsicheren Schlauches zu lösen, wurde aber nur ein sehr geringer Fortschritt erzielt. Manche der beschriebenen Schläuche wurden fabrikmäßig erzeugt und verkauft, jedoch ist infolge der großen Anschaffungskosten die Anzahl der verwendeten Typen im Vergleiche zu den Standardtypen außerordentlich gering.

## VI. Mischungswesen

Das heutige Mischungswesen ist ein ganz anderes im Vergleich zu der Zeit vor 30 oder 40 Jahren, als Reifen zum ersten Male in der Gummiindustrie Bedeutung bekamen. In früheren Tagen wurden die gewöhnlichen Eigenschaften von vulkanisiertem Kautschuk als geeignet für Reifenmischungen angesehen. Später wurden für die verschiedenen Teile des Reifens besondere Eigenschaften entdeckt und weiterentwickelt.



Im folgenden werden typische Mischungsrezepte gezeigt, wie sie in der Reifenindustrie etwa um das Jahr 1900 angewendet wurden.

Friktionsmischung:		Aufpressungsmischung:	
Kamerun	10	Fine Para	10
Schwarzes Regenerat	3	Coarse Para	10
Schwerspat	3	Weißes Regenerat	2
Kreide	2	Schwerspat	2
Bleiglätte	1	Zinkoxyd	6
Bleikarbonat	1	Bleiglätte	2
Schwefel	2	Bleikarbonat	4
		Schwefel	2

Die Entwicklung der Mischungen wurde den vielen neuen Materialien und neuen Materialtypen und ihren neuen Funktionen angepaßt, sie ist dadurch so vielgestaltig geworden, daß Einzelheiten nicht erwähnt werden können. Es sollen hier nur jene Entwicklungen berührt werden, die durch ihre Einführung wirklich etwas Neues brachten. Die wichtigste unter ihnen ist wahrscheinlich die Anwendung organischer Beschleuniger.

### Beschleuniger

Die Anwendung anorganischer Beschleuniger ist so alt, wie die Vulkanisation selbst, seitdem Charles Goodyear in seinem Originalpatent die Verwendung von Schwefel und Bleikarbonat, einem schwachen Beschleuniger, erwähnt.<sup>17</sup> In den folgenden Jahren wurden viele anorganische Materialien zwecks Erzielung einer schnelleren Vulkanisation und verbesserter Eigenschaften des Vulkanisates angewendet.

Schon um das Jahr 1881 wurden Ammoniakgas und -salze im Vulkanisationsraum angewendet als Hilfsmittel für die Vulkanisation.<sup>18, 19, 21</sup> Die Industrie scheint von diesen Mitteln keinen größeren Gebrauch gemacht zu haben.

Anfang dieses Jahrhunderts war das wichtigste Problem im Mischungswesen die Schwankungen in der Heizkraft des Kautschuks. Man erhielt die verschiedensten Kautschuktypen ebenso verschiedensten Ursprungs und es gab keine Standardmethode bezüglich der Aufbereitung. Manche Kautschuksorten waren reich an natürlichen Beschleunigern und andere wiederum arm, wobei jede Sorte ihre eigene Heizkraft hat. Das Problem, durch Vermischen dieser verschiedenen Sorten zu einer uniformen Heizkraft in der Produktion zu kommen, beschäftigte die besten Mischungsfachleute, und das Beschleunigerproblem jener Tage war, einen Weg zwecks Erzielung ausgeglichener Heizkraft des Kautschuks zu finden.

Im Jahre 1904 begann C. O. Weber mit dem Zusatz von Stearinsäure und anderen ähnlichen Fettsäuren, um die schlechte Heizkraft langsamheizender Kautschuksorten, die arm an natürlichen Beschleu-

<sup>17</sup> Goodyear, Charles, A. P. 3, 633 (1844); Reissue A. P. 156 (1849); Reissue A. P. 1084 (1860).

<sup>18</sup> Rowley, Thomas, E. P. 787 (1881).

<sup>19</sup> Geer & Bedford, Ind. Engng. Chem. 17 (1925) S. 393

<sup>21</sup> Stell, L., Rubber Age 17 (1925) S. 407

nigern waren, zu überwinden. Seit dieser Zeit sollte man ihn als den Entdecker des nichtstickstoffhaltigen organischen Beschleunigers ansehen.<sup>19</sup>

Im Jahre 1906 entdeckte *George Oenslager*, Chefchemiker der *Diamond Rubber Company*, die beschleunigende Wirkung von Anilin und fügte wenig später Thiocarbanilid, p-Nitro-dimethyl-anilin, Hexamethylentetramin und Thioharnstoff seinen Entdeckungen hinzu. Er beobachtete auch, daß die besten Resultate bei Gegenwart von Zinkoxyd erhalten wurden. Hierbei entdeckte er nicht allein einen Weg, die Heizungen gleichmäßig zu gestalten, sondern er fand gleichzeitig ein Mittel, die Heizzeit erheblich zu reduzieren. Er ist daher der Entdecker des organischen Beschleunigers, wie wir ihn heute kennen.<sup>19, 20</sup> Diese Arbeit wurde nicht patentiert, sondern mehrere Jahre geheimgehalten. Es ist *Arthur H. Marks*, dem Vizepräsidenten der *Diamond Rubber Company*, zu danken, daß er die Resultate *Oenslagers* zur Anwendung brachte und diese Beschleuniger in der Fabrikation Platz greifen ließ.

In den Jahren 1912 und 1913 fanden *Bayer & Co.* in Verbindung mit der Suche nach einem synthetischen Kautschuk, daß Vulkanisation ohne gewisse organische Materialien nicht erzielt werden konnte.<sup>21</sup> Diese Materialien waren höhere aliphatische Basen, Piperidine, ihre Derivate und Homologe. Es wurden Patente genommen für die Anwendung bei synthetischem Kautschuk und später auch für natürlichen Kautschuk.<sup>21, 22</sup>

Die Anwendung organischer Beschleuniger wuchs schnell mit der Einführung von Aldehyd-Aminen, Salzen von Thio-Säuren, Guanidinen, Thiuramen, Thiazolen usw. Heute ist die Reihe der Beschleuniger beinahe endlos. Es wurden neue Klassifikationen aufgestellt<sup>23, 24, 25</sup>, die die Information über Beschleuniger erleichtern helfen. Jeder einzelne Beschleuniger hat seine eigenen charakteristischen Eigenschaften und der geeignetste für einen Verwendungszweck ist nicht immer der beste für einen anderen Zweck. Manche Beschleuniger haben den Vorteil guter Antioxydationswirkung, andere verleihen dem Vulkanisat einen hohen Grad an Steifheit und wieder andere erleichtern den Fabrikationsprozeß usw.

### Verstärkung

Zähigkeit und Abnutzungseigenschaften der Laufflächen sind heutzutage zur Hauptsache abhängig von den einzelnen verstärkenden Füllstoffen. Die Anwendung fester Materialien zwecks Einmischung in den Kautschuk ist älter als die Vulkanisation, und es wurden unzählige Patente für die Anwendung der verschiedenen Füllmittel genommen. In

<sup>19</sup> Geer, W. C., »The Reign of Rubber« S. 53

<sup>20</sup> Bayer & Co., A. P. 1 081 613/614 inkl. (1913), A. P. 1 084 334/338 inkl. (1914), A. P. 1 126 469 (1915).

<sup>23</sup> Dinsmore & Vogt, Trans. Inst. Rubber Industry 4 (1928) S. 85

<sup>24</sup> Norris, Webster, India Rubber World 79 (1928) S. 56

<sup>25</sup> Emden, Friedrich, Kautschuk 5 (1929) S. 241 u. 269

<sup>37</sup> Hauser, Handbuch I



den Anfängen der Reifenfabrikation wurde als einzigstes Füllmittel, das dem Vulkanisat eine besondere Zähigkeit verlieh, Zinkoxyd verwendet, und zwar besonders in den Laufflächenmischungen.

Im Jahre 1915 führte die B. F. Goodrich Co. die Verwendung von Gasruß ein. Dieses Füllmittel wurde zuerst skeptisch aufgenommen, aber es erwies sich bald als ein Verstärkungsmittel von außerordentlicher Wirkung. Zuerst traten bei seiner Verwendung bezüglich der Vulkanisation Schwierigkeiten auf, bei Anwendung einiger Beschleuniger. In der Tat würde seine Verwendung ohne organische Beschleuniger beinahe unmöglich geworden sein. Heute hat sich Gasruß, teils durch geeigneten Zusatz von Stearinsäure, teils durch entsprechende Auswahl der Beschleuniger, als das am besten verstärkende Material erwiesen. Es gibt heute am Markte viele Rußsorten mit verschiedenem Verstärkungseffekt, aber sie finden nur dort Verwendung, wo die Verstärkung des Vulkanisates nicht erstes Erfordernis ist.

Mit der wachsenden Verwendung von Gasruß wurde die Wichtigkeit sehr kleiner Teilchengröße und vollkommener Dispersion erkannt. Manche unserer heutigen Herstellungsmethoden wurden umgestellt, um eine besonders gute Dispersion zu erzielen.

### Antioxydationsmittel

Schnelle Alterung von Kautschuk ist immer schon ein Problem gewesen. Schon um das Jahr 1879 wird eine Methode erwähnt, geheizte Kautschukartikel durch Waschen vor der Zerstörung zu bewahren.<sup>26</sup>

Ein wirklicher Fortschritt in der Entwicklung von Antioxydationsmitteln wurde erst neueren Datums erzielt.<sup>27, 28, 29</sup> Die heute bekannten Antioxydantien ähneln in ihrem Aufbau den Beschleunigern, und es haben tatsächlich manche Beschleuniger deutliche Antioxydationswirkung.<sup>28</sup>

Das Anwendungsgebiet der Antioxydantien ist ziemlich groß, sie werden gebraucht, um Hitzebeständigkeit sowie Widerstandsfähigkeit gegen Biegung, Lichteinfluß und Zerstörung durch atmosphärische Einflüsse bei Kautschukartikeln aller Art zu erzielen.

### Regenerat

Die Verwendung von Kautschukabfällen in der einen oder anderen Form ist so alt wie die Gummi-Industrie. Zweifellos lag das Hauptproblem in der Wiederverwendung von Abfällen, die in der Fabrikation entstanden; so wurden anvulkanisierte Stücke mit und ohne Zusatz von weichmachenden Ölen niedergebrosen. Diese Methode wurde ebenso für vulkanisierten Kautschuk angewendet, aber man fand, daß solches Material die Eigenschaften des Produktes ernstlich gefährdete und es wurde daher nur für billige Artikel verwendet.

Der chemische Prozeß bei der Kautschukregenerierung wurde bezüg-

<sup>26</sup> Wattles, Joseph W., A. P. 218 842 (1879).

<sup>27</sup> Helbronner & Bernstein, Compt. Rend. 177 204 (1923).

<sup>28</sup> Geer, W. C., Ind. Engng. Chem. 17 (1925) S. 1024

<sup>29</sup> Winkelman & Gray, A. P. 1 515 642 (1924).

lich der Qualität des Regenerates in letzteren Jahren so verbessert, daß es in großen Quantitäten in Reifenmischungen verbraucht wurde. Das Durchschnittsreifenregenerat enthält ungefähr 55% Kohlenwasserstoff, der, wenn auch minderwertiger als der Kautschukkohlenwasserstoff, an seiner Stelle Verwendung finden kann. Ein Ersatz bis zu 60% Kautschuk durch diesen Kohlenwasserstoff hat in den letzten Jahren für Laufflächen billiger Reifen Verwendung gefunden. Höhere Zusätze wurden in Karkaßmischungen angewendet.

Infolge des gegenwärtig abnormal niedrigen Preisniveaus von Rohgummi (3 cents per lb. New York), ging die Anwendung von Regenerat stark zurück.

### Andere Entwicklungen

Der stark wachsende Wettbewerb in der Gummi-Industrie führte zu der Entwicklung schneller Fabrikationsmethoden, die zum großen Teile davon abhängig sind, ob sich die Mischungen einwandfrei verarbeiten lassen. Hieraus resultierten wiederum wesentliche Verbesserungen im Mischprozeß und in der Auswahl der Materialien. Jeder Füllstoff in einem Rezept hat seine besondere Wirkung auf den Fabrikationsprozeß und hierdurch wird bis zu einem gewissen Grade seine Verwendungsmöglichkeit bestimmt.

Die Verwendung von Weichmachern ist alt. Es wurde neuerdings gefunden, daß manche Weichmacher zu Beginn der Heizung verzögernd wirken und dadurch der vorzeitigen Anvulkanisation entgegenwirken.<sup>30</sup> Andere wiederum haben einen guten Schmiereffekt und erniedrigen dadurch die Verarbeitungstemperatur. Es wurde auch eine Anzahl von Verzögerern entwickelt, die keine Weichmacher sind.<sup>30-33</sup>

Vulkanisation ohne Schwefel bei Anwendung von Selen oder Tellur oder einem Beschleuniger der Thiuramdisulfidtype ist heute von allgemeiner Wichtigkeit.

### Moderne Laufflächenmischungen

Die folgende Aufstellung gibt ein ungefähres Bild, in welchem Rahmen eine moderne Laufflächenmischung aufgebaut wird.

Kautschuk	100
Gasruß	30 — 60
Zinkoxyd	5
Stearinsäure	2 — 4
Pine Tar (Fichtenholzteer)	2 — 8
Antioxydant	2 —
Beschleuniger	0,5— 1,5
Schwefel	2,5— 3

<sup>30</sup> Thies, Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 1357

<sup>31</sup> Galdwell, A. P. 1 778 707/709 inkl. (1930).

<sup>32</sup> Morse, A. P. 1 734 633/640 inkl. (1929).

<sup>33</sup> Somerville, A. P. 1 791 876 (1930).



In den letzten fünf Jahren besteht die Tendenz, noch auf höhere Rußfüllung überzugehen.

Der Stearinsäurezusatz hängt von der Art des Beschleunigers ab, so verlangt z. B. Captax einen höheren Zusatz. Stearinsäure wirkt gleich gut als Weichmacher und Verzögerer gegen Anvulkanisation.

Ein vielgebrauchter Weichmacher ist Pine Tar; hier ist die Zusatzmenge abhängig von dem gewünschten plastischen Zustand der Mischung, der Verzögerungswirkung gegen Anvulkanisation, dem Schutze gegen Oxydation und der Oberflächenbeschaffenheit der unvulkanisierten Mischung.

## Moderne Karkaßmischungen

Nachfolgend sind die ungefähren Grenzen angegeben, in denen die einzelnen Füllstoffe bei modernen Karkaßmischungen Verwendung finden.

Kautschuk	100
Zinkoxyd	3 — 50
Stearinsäure	1 — 2
Pine Tar	1 — 5
Antioxydant	0 — 2
Beschleuniger	0,5 — 2
Schwefel	0 — 3

Wenn eine besondere Verstärkungswirkung (Reinforcement) verlangt wird, kann man diese mit Zinkoxyd erreichen, zumal bei diesem Material die erhitzende Wirkung von Gasruß vermieden wird.

Stearinsäure und Weichmachungsmittel sind hier nicht so erforderlich wie in Laufflächenmischungen.

Die Wirkung von Antioxydantien ist umstritten, einige Fabrikanten behaupten, daß die Widerstandsfähigkeit gegen Biegungsermüdung erhöht wird, während andere wiederum keinen Effekt festgestellt haben.

Es besteht einige Tendenz, den Schwefelgehalt weiter zu erniedrigen und sogar Karkaßmischungen ohne Schwefelzusatz herzustellen.

## Moderne Schlauchmischungen

Im folgenden wird der Typus einer modernen Schlauchmischung wiedergegeben:

Kautschuk	100
Zinkoxyd	3 — 60
Schwerspat	3 — 45
Stearinsäure	0 — 2
Pine Tar	1 — 4
Antioxydant	0 — 5
Beschleuniger	0,5 — 2
Schwefel	0 — 4

Zinkoxyd ist der verstärkende Anteil, es wird bis zu 60% verwendet, je nach der Schlauchtype. Gewöhnlich erhalten die größeren Schläuche höhere Prozentsätze an Zinkoxyd.

Man neigt dazu, an Stelle von Zinkoxyd weichen Ruß zu verwenden.

Schwerspat, Kaolin und präzipitierte Kreide haben geringe Verstärkungswirkung und können mit einer geringen Zinkweißmenge gebraucht werden, um das Gerüst des Schlauches zu bilden und den Fabrikationsprozeß durch Verringerung des Kautschuknerves zu erleichtern.

Der Zusatz an Stearinsäure und Weichmachungsmitteln ist weitgehend abhängig von den jeweils vorliegenden Fabrikationsbedingungen.

Antioxydantien haben eine große Bedeutung für Luftschläuche, besonders für Lastwagen- und Busballonschläuche, die im Gebrauche hohen Temperaturen ausgesetzt sind.

Die Art des Beschleunigers sowie die Zusatzmenge von Beschleuniger und Schwefel hängen weitestgehend von der Fabrikation und von der Schlauchtype ab. In den letzten fünf Jahren ist die Industrie ziemlich allgemein zur Herstellung der Schläuche in Einzelformen übergegangen. Diese Methode verlangt für volle Leistungsfähigkeit schnellheizende Mischungen und hierdurch sind wiederum schneller wirkende Beschleuniger und größere Zusätze an Beschleuniger bedingt.

Mit wachsender Nachfrage nach nicht ausblühenden Schläuchen wurde der Schwefelgehalt reduziert. Nichtausschwefelnde Schläuche, die mit substituierten Thiuramdisulfiden beschleunigt sind, werden für hitzebeständige Schläuche empfohlen.

## Fahrradreifenmischungen

### Frühere Mischungen 1900

#### *Fahrradreifen-Friktionsmischungen\**

Coarse Para oder Smoked Sheets	24
Cameroon Rubber	24
Pontianak	10
Mineral Rubber	10
Fossil Flour	18
Bleiglätte	7
Schwefel	7

#### *Fahrradreifen-Aufpressung und Laufflächenmischung\**

Coarse Para oder Smoked Sheets	58,5
Fossil Flour	3,0
Bleiglätte	7,0
Lampenruß	1,0
Schwefel	2,5
Kreide	14,0
Zinkoxyd	14,0

\* Pneumatikreifen von Pearson.



*Fahrradreifen-Schlauchmischung\**

Para- oder Plantagengummi	79,3
Zinkoxyd	9,5
Bleisulfid	1,6
Bleiglätte	1,6
Schwefel	4,0
Kalk	0,8
Pariserweiß	3,2

Von den obigen Formeln wurden natürlich bei der Herstellung von Fahrradreifen Tausende Variationen angewendet.

Es wurden hier auch schon früher organische Beschleuniger angewendet. Mit diesen Mischungstypen begann man um das Jahr 1910, es werden aber auch heute noch anorganisch beschleunigte Mischungen verwendet.

*Fahrradreifen-Friktionsmischung*

Caucho	9,0
Massai	9,0
Guayule	12,0
Unvulkanisierte Friktionsabfälle	12,0
Mineral-Rubber	8,0
Zinkoxyd	40,0
Bleiglätte	4,0
Schwefel	4,0
Kalk	0,8
Thio-carbanilid	1,2

*Fahrradreifen Aufpressung und Laufflächenmischung — weiß*

Ceylon-Rubber	6
Gold-Coast-Rubber	30
Weißer Faktis	12
Zinkoxyd	24
Kreide	7
Magnesiumcarbonat	12
Schwefel	5
Kalk	1
Thio-carbanilid	3

*Fahrradreifen-Aufpressung und Laufflächenmischung*

Guayule	9,8
Caucho	13,4
Massai	13,9
Reifenregenerat	25,8
Zinkoxyd	23,2
Bleiglätte	3,1
Blei, sublimiert	4,6
Schwefel	2,6
Kalk	0,5
Tripelerde	2,6
Beta-Naphthylamin	0,5

*Fahrradreifen-Schlauchmischung*

Plantagengummi	30,0
Ceylon-Rubber	26,0
Regenerat aus Schläuchen	21,0
Zinkoxyd	10,0
Bleiglätte	5,0
Schwefel	7,0
Thio-carbanilid	1,0

**Heutige Fahrradreifenmischungen***Fahrradreifen-Friktionsmischung*

Braune Crêpe	60,0
Plantagen-Smoked Sheets	12,0
Zinkweiß	2,0
Kreide	23,0
Schwefel	2,25
Stearinsäure	0,5
Beschleuniger	0,25

*Fahrradreifen-Aufpressung und Laufflächenmischung — schwarz*

Braune Crêpe	19,0
Plantagen-Smoked Sheets	12,0
Reifenregenerat	15,0
Zinkoxyd	10,0
Kreide	6,0
Schwerspat	10,0
Kaolin	15,0
Schwefel	1,0
Gasruß	10,0
Stearinsäure	0,5
Pine Tar	1,0
Beschleuniger	0,5

*Fahrradreifen-Schlauchmischung*

Braune Crêpe	30,0
Smoked Sheets	7,0
Zinkoxyd	6,0
Kreide	30,0
Kaolin	20,0
Schwefel	2,0
Mineral-Rubber	4,0
Stearinsäure	0,5
Beschleuniger	0,5

*Fahrradreifen-Aufpressung und Laufflächenmischung — rot*

Braune Crêpe	34,0
Smoked Sheets	10,0
Zinkoxyd	2,0
Kaolin	15,0



Schwerspat	35,0
Eisenoxyd	1,0
Antimonsulfid	1,25
Schwefel	1,0
Stearinsäure	0,5
Beschleuniger	0,25

*Fahrradreifen-Aufpressung und Laufflächenmischung — weiß*

Braune Crêpe	25,0
Smoked Sheets	5,0
Zinkoxyd	8,0
Kreide	40,0
Schwerspat	20,0
Schwefel	1,25
Stearinsäure	0,5
Beschleuniger	0,25

*Fahrradreifen-Felgenkitt*

Damar	30
Guttapercha	20
Harz	50
Sumatra	10

*Fahrradschlauch-Zusammensetztlösung, 1910 für »pole tubes«*

Plantagengummi	73
Bleiglätte	13,5
Schwefel	12
Thiocarbanilid	1,5

**Schlauchdichtungsmittel für Schlauchreifen***Mischung von Glucose und Pyroxylin*

10 grain Pyroxylin werden vermischt mit je 1½ oz. Amylacetat und Amylalkohol und 12 oz. Glyzerin.

Glukose wird gemischt mit einer wässrigen Kreideaufschlammung und Karbolsäure.

*»Gum and Wax«-Mischungen*

## I.

Borsäure	5 grains
Caramel	¼ oz.
Wasser	16 oz.
Eins von diesen	} 10 oz.
Dextrin	
Gelatine	
Gummi arabicum	
Gum Mesquite	

## II.

Bienenwachs	1 oz.
Paraffin	2 oz.
Harz	2½ oz.
Korkabfälle	2 oz.

Asbestfaser	2 oz.
Leinöl	1/2 oz.

*Glyzerinmischungen*

Gelatine	5 Teile
Glyzerin	5 "

**Massivreifen**

Das Mischen von Vollreifenqualitäten ist das Schwierigste auf dem Gebiet des Mischungswesens. Ein guter Massivreifen verlangt eine Mischung, die alle erforderlichen zum Teil im Gegensatz stehenden Eigenschaften ausgleicht. Diese Eigenschaften sind folgende:

1. Widerstand gegen hohe Belastung.
2. Polsterwirkung.
3. Widerstand gegen »Ausblasen«.
4. Geringer Kraftverbrauch.
5. Korrekte Vulkanisation.
6. Hoher Abnutzungswiderstand.
7. Kein Einreißen und Abbröckeln.
8. Gute Bindung auf dem Stahlband.
9. Widerstand gegen seitliches Abplatzen in Verbindung mit hoher Belastung.
10. Gute Alterung.

Ein Massivreifen muß genügende Steifheit besitzen, um die verlangte Last zu tragen und andererseits muß er weich genug sein, um dieser Last die genügende Abpolsterung zu geben. Ein weicher Reifen wird natürlich eine gute Polsterwirkung ergeben, aber er wird einer Überlastung nicht standhalten und Defekte ergeben durch seitliches Abplatzen oder »Ausblasen« infolge zu starker Hitzeentwicklung. Ein harter Reifen wird vielleicht nicht abplatzen, wenn er nicht beträchtlich überlastet ist, aber er wird an seiner Polsterwirkung Einbuße erleiden.

Die allgemein üblichen Materialien für Vollreifen sind Zinkoxyd und Gasruß und in geringerem Ausmaße Magnesiumcarbonat (speziell in Europa). Zinkoxyd wird als das vorteilhafteste Verstärkungsmittel angewendet, besonders weil es wenig Wärme erzeugt, die entstehende Wärme gut ableitet oder verteilt und sehr hitzebeständig ist. Wegen seiner guten Benetzbarkeit ist Zinkoxyd beim Mischprozeß gut zu verteilen. Durch Anwendung großer Mengen Zinkoxyd erhält man Mischungen mit genügendem Widerstand gegen Belastung und ausreichender Polsterwirkung. Ferner wird ein Reifen mit hohem Zinkweißgehalt geringen Kraftverbrauch aufweisen. Bei Verwendung von größeren Mengen Gasruß wird man jede gewünschte Steifheit oder Festigkeit erreichen, die für starke Belastung erforderlich ist; aber eine Mischung dieser Art wird viel schneller unwirksam bezüglich ihrer Polsterwirkung. Magnesiumcarbonat kann verwendet werden, um eine steife Mischung zu erzielen und wird dabei eine größere Polsterwirkung hervorbringen als



eine Gasrußmischung, ist aber bezüglich Abnutzungswiderstand und Strukturfestigkeit nicht so günstig wie Zinkoxyd oder Gasruß.

Wegen der kombinierten Eigenschaften einer geringen Hitzeentwicklung und guter Wärmeverteilung wird eine stark zinkweißhaltige Mischung beträchtliche Überlastungen aushalten, ohne durch »Ausblasen« zu versagen. Eine solche Mischung ist für hohe Belastung bei hoher Beanspruchung geeignet.

Die Wärmeleitfähigkeit einiger wichtiger Mischungsmaterialien verhält sich wie folgt:

Füllstoff	Wärmeleitfähigkeit (C. G. S.-System)
Zinkoxyd	0,00166
Eisenoxyd	0,00132
Magnesiumcarbonat	0,00103
Gasruß	0,00067
Kaolin	0,00058
Kautschuk	0,00032

Die Wärmekapazität einiger wichtiger Füllstoffe ist folgende:

Füllstoff	Spez. Gew.	Spez. Wärme	Wärmekapazität* <sup>31</sup>
Magnesiumcarbonat	3,00	0,303	0,909
Zinkoxyd	5,60	0,125	0,698
Kautschuk	0,92	0,502	0,462
Gasruß	2,00	0,204	0,408
Eisenoxydrot	4,70	0,160	0,340

Magnesiumcarbonat hat eine höhere Wärmeleitfähigkeit als Gasruß und ist daher weniger anfällig für das »Ausblasen«. Magnesiumcarbonat hat auch eine höhere Wärmekapazität als Zinkoxyd und eine beträchtlich höhere als Gasruß.

Die mäßig hohe Wärmeleitfähigkeit und die hohe Wärmekapazität von Magnesiumcarbonat rechtfertigen die teilweise Anwendung von Magnesiumcarbonat für Zinkweiß in Massivreifen.

»Ausblasen« von Massivreifen wird natürlich auch verursacht oder vermieden durch andere Eigenschaften der Füllmaterialien, außer geringer Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit oder Wärmeverteilung. Die angewendeten Materialien dürfen sich nicht zersetzen oder gasförmige Produkte abspalten, wenn der Reifen sich im Gebrauch stark erhitzt. Es muß auf jedwede Feuchtigkeit oder absorbierte oder eingeschlossene Gase beim Einmischen der Füllmaterialien geachtet werden. Je mehr Gase vorhanden sind oder durch Zersetzung entstehen, um so größer ist die Gefahr des »Ausblasens«. Zinkoxyd ist hingegen eines der besten Füllmittel bei Massivreifen. Magnesiumcarbonat enthält meistens etwas

\* Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur eines Einheitsvolumens um einen Grad Celsius zu erwärmen.

<sup>31</sup> Research Bulletin, The New Jersey Zinc Company (1930)

gebundene Feuchtigkeit, die freigemacht wird, speziell wenn das Material bis zu einem gewissen Grade basisch ist.

Gasruß-Vollreifenmischungen sind sehr empfindlich gegen »Ausblasen«, nicht nur, weil Gasruß niedrige Leitfähigkeit und Wärmekapazität besitzt, sondern weil andererseits größere Mengen Gas und Feuchtigkeit absorbiert werden.

Gasruß verleiht den Massivreifenmischungen außer großer Steifheit einen hervorragenden Widerstand gegen Abnutzung, Einreißen und Absplitttern. Zinkoxyd bewirkt in Vollreifenmischungen ausgezeichnete Widerstandsfähigkeit gegen »Ausblasen«, gute versteifende und abpolsternde Eigenschaften, aber es ist gegen Abnutzung, Einreißen und Absplitttern weniger wirksam. Magnesiumcarbonat ergibt nur eine mäßige Verstärkung und nur geringen Widerstand gegen Abnutzung.

Geeignete Verhältnisse von Zinkoxyd und Gasruß in Massivreifen ergeben eine gute Widerstandsfähigkeit gegen »Ausblasen«, geringen Kraftverbrauch und gute Belastungseigenschaften.

Vollreifenmischungen müssen außerdem richtig vulkanisiert werden. Ein überheizter Reifen wird ziemlich Beständigkeit gegen »Ausblasen« aufweisen, aber er wird empfindlich sein gegen Absplitttern und Einreißen; andererseits wird ein unterheizter Reifen weniger beständig gegen »Ausblasen«, aber unempfindlicher gegen Absplitttern und Einreißen sein. Ein unterheizter Reifen wird wahrscheinlich auch eine unterheizte Verbindungszone am Stahlband aufweisen. Die Massivreifenheizung nimmt bezüglich der Brauchbarkeit des Reifens einen sehr wichtigen Platz ein. Die Größe der Reifen hat vielfach zu Schwierigkeiten geführt, denn das Innere des Reifens muß optimal vulkanisiert sein ohne daß die äußere Partie überheizt ist. Dies hat zu Stufen- und Nachheizungen für Massivreifen geführt.

*Eine typische Stufenheizung*

40	Minuten	auf	240°
80	„	„	280°
100	„	„	286°

*Eine typische Nachheizung*

40	Minuten	auf	240°
80	„	„	280°
100	„	„	285°
60	„	bei abgelassenem Dampf	

*Ein typisches modernes Mischungsrezept*

Smoked Sheets	47,8
Zinkoxyd	40,0
Gasruß	10,0
Schwefel	2,0
Beschleuniger	0,2

Wegen eines mehr oder weniger begrenzten Vorrates von Zinkoxyd auf dem Kontinent wurden in Europa Mischungen verwendet, in denen Zinkweiß teilweise durch Magnesiumcarbonat ersetzt ist.



*Eine typische Magnesiumcarbonatmischung*

Smoked Sheets	44,0
Gasruß	10,7
Zinkoxyd	29,5
Magnesiumcarbonat	10,7
Schwefel	2,5
Mineral-Rubber	1,7
Pine Tar	0,75
Beschleuniger	0,15

*Amerikanische Reifen für Elektro-Fahrzeuge um das Jahr 1912*

Smoked Sheets	50,0
Zinkoxyd	46,75
Schwefel	2,5
Thiocarbanilid	0,75

Ein Massivreifen für elektrische Fahrzeuge muß ein gutes Belastungsvermögen aufweisen, da er außer der Traglast noch das Gewicht der Batterien auszuhalten hat. Außerdem muß er einen niedrigen Kraftverbrauch aufweisen.

In Europa, speziell auf dem Kontinent, wurde Lampenruß in Verbindung mit Gasruß verwendet.

*Eine typische europäische Lampenrußmischung*

Smoked Sheets	62,0
Lampenruß	11,65
Gasruß	11,65
Zinkoxyd	11,50
Schwefel	2,45
Beschleuniger	0,65

Diese Mischungstypen wurde in Amerika nicht übernommen, weil eine hoch rußgefüllte Mischung bei der Beanspruchung in Amerika gegen »Ausblasen« nicht genügend widerstandsfähig sein würde.

**Geschichtliches**

Der erste Radreifen, der Southern<sup>35</sup> patentiert wurde, war speziell für Abpolsterung vorgesehen, was für einen Massivreifen erstes Erfordernis ist. Die Mischung dieses Reifens stand im Einklange mit den Grundsätzen, die in Goodyear's Erfindung fortgesetzt sind. Zahlreiche Mischungen wurden in den nächsten 50 Jahren zur Anwendung gebracht, aber die fundamentalen Füllstoffe waren Schwefel und ein Metalloxyd im Kautschuk.

Der erste Bericht von der Anwendung des Zinkoxydes im Kautschuk war ein amerikanisches Patent von 1849 durch H. G. Tyer. Eine Wiederholung erschien in der Patentliteratur von 1859 zur Anwendung für gewisse Gummimischungen. Die volumenmäßigen Zusätze an Zinkoxyd waren nicht so hoch wie heute, aber die Belastung und Beanspruchung der Reifen ist heutzutage bei weitem größer.

<sup>35</sup> A. P. 11 446 (1854)

Zinkoxyd war das einzigste verstärkende Material bis zur Einführung von Gasruß im Jahre 1915.

*Eine typische Massivreifenmischung von 1900*

Fine Para	30,4
Reifenregenerat	16,5
Zinkoxyd	18,5
Blei sublimiert	9,3
Bleiglätte	9,3
Fossil Flour	6,2
Magnesia	4,1
Pontianole	2,6
Schwefel	3,1

*Europäische Massivreifenmischung von 1910*

Plantagenkautschuk	4,0
Reifenregenerat	12,0
Unvulk. Abfälle	4,0
Caucho	13,0
Massai	13,0
Balata	5,0
Guayule	1,0
Mineral-Rubber	2,0
Ozokerit	6,0
Zinkoxyd	23,0
Bleiglätte	7,0
Blei sublimiert	5,0
Kalk	0,6
Schwefel	3,0
Thiocarbanilid	1,4

*Amerikanische Vollreifenmischung von 1912*

Plantagenkautschuk	42
Unvulk. Abfälle	13
Reifenregenerat	15
Diatomeenerde	5
Zinkoxyd	16,5
Bleiglätte	3
Schwefel	4
Kalk	0,5
Thiocarbanilid	1

**Verbindung des Massivreifens auf Felge und Rad**

Alle Typen von Massivreifen wurden allgemein bis ziemlich in die Neuzeit auf Felge oder Rad durch eine mechanische Vorrichtung befestigt.

Obwohl der erste Hartgummi von Nelson Goodyear im Jahre 1851<sup>36</sup> und die Anwendung von Aluminium in Hartgummi von Nath. C.

<sup>36</sup> A. P. 8075 (1851)



Fowler im Jahre 1865<sup>37</sup> erfunden waren, wurde Hartgummi bis kurz nach 1900 für Stahlbandverbindungen nicht gebraucht.

Vielleicht war die erste nichtmechanische Bindung eines Massivreifens auf dem Rade das Patent von R. A. Leigh im Jahre 1896.<sup>38</sup> Er verwendete Mischungen von Balata, Schellack, Asphalt, Burgunderpech und Schwefel. Ein Band dieses Materials wurde auf dem Reifen mit einem innenliegenden Gewebestreifen befestigt. Dies war der erste Reifen mit fester Verbindung auf der Grundfelge, die dann vielfach variiert wurde.

Unser moderner Typus der Massivreifenbindung wurde wahrscheinlich zuerst von der Firma Metzeler Gummiwerke A. - G. in Deutschland hergestellt. Der Metzeler-Reifen hat eine Hartgummibasis, die durch eine Serie von Schwalbenschwänzen auf dem Metallband verankert ist.

Eine ziemlich allgemein übernommene Art der Massivreifenbindung in den Jahren 1900 bis 1910 und etwas später war der »Continental«-Reifen; bei diesem war der Gummi auf ein starkes Stahlband rundherum aufvulkanisiert.

Es muß daran erinnert werden, daß beide Arten der Verbindung schon um das Jahr 1881 angewendet wurden, als der »Unzerstörbare« Fahrradreifen aufkam. Dieser Reifen wurde direkt auf die hohle Felge vulkanisiert.<sup>39</sup>

Mr. G. H. Hood wandte bei der Verbindung der Reifen die Wringwalzenmethode an, indem das Stahlband mit einer Kupferlösung bedeckt und der Gummi an der Oberfläche anvulkanisiert wurde.

Heute wird die Bindung von Massivreifen auf dem Stahlband gewöhnlich mittels zweier Hartgummiqualititäten ausgeführt. Der erste Hartgummi, der direkt auf dem Stahlband liegt, ist gewöhnlich mit Aluminiumbronze gefüllt.

*Eine typische Hartgummimischung, direkt auf dem Stahlband*

Kautschuk	47
Kalk	10
Aluminiumbronze	8
Schwefel	35

Ein Zwischenhartgummi von geringerem Härtegrad wird gewöhnlich zwischen dem aluminiumbronzehaltigen Hartgummi und dem Massivreifen-Weichgummi angeordnet.

*Eine typische Zwischenhartgummimischung*

Kautschuk	35
Zinkoxyd	17,5
Bleiglätte	2,0
Schwefel	25,0
Kalk	5,0
Magnesiumcarbonat	5,0
Mineral-Rubber	10,00
Organischer Beschleuniger	0,5

<sup>37</sup> A. P. 46 230 (1865)

<sup>38</sup> A. P. 573 671 (1896)

<sup>39</sup> Rubber Tires by Pearson (1906)

## VII. Die Verwendung von Stoffen in der Reifenerzeugung

### 1. Die verschiedenen Baumwollsorten und ihr Vorkommen

Während der ersten Jahre der Erzeugung von Automobilpneumatikreifen, insbesondere vor dem Erscheinen der Cordreifen, waren die verschiedensten Mängel im Stoff sehr häufig und verursachten eine äußerst begrenzte Lebensdauer der Reifen. Das beste Gegenmittel hierfür schien die Verwendung einer möglichst guten Baumwolle.

Wir finden daher in den besten Reifen dieser Zeit eine ausgedehnte Verwendung einer langstapeligen »Sea Island«-Baumwolle. Vor ungefähr 15 bis 18 Jahren nahm die Produktion dieser Sorte infolge des Überhandnehmens des Borkenkäfers in der Samenkapsel stark ab, während zu gleicher Zeit die Reifenproduktion sehr zunahm. Es war daher notwendig, nach anderen geeigneten Faserstoffen Umschau zu halten. Die nächst beste und längste Faser war die Sakellarides-Baumwolle, die im unteren Niltale wuchs und die die »Sea Island«-Faser in vielen Fabriken bald verdrängte. Die Verwendung dieser sogenannten »Sak«-Baumwolle nahm bis zum heutigen Tage immer mehr zu, insbesondere trotz des höheren Preises in großen Reifen für schwere Beanspruchung und große Geschwindigkeiten. Der Mangel an Sea Island-Faser begünstigte die Versuche, eine langstapelige Faser in Amerika in solchen Distrikten zu ziehen, die voraussichtlich von den Verwüstungen des Borkenkäfers verschont bleiben würden. Diese Versuche brachten eine langstapelige Fasersorte, die als »Pima« bekannt ist. Sie wächst in den bewässerten Distrikten des Südwestens und ist in jeder Hinsicht gleichwertig mit »Sak«-Baumwolle.

In der Stapellänge kommt der Sak- und Pima-Sorte die »Mit Afifi«-Baumwolle am nächsten. Sie wächst im unteren Niltale und wird gewöhnlich als »Egyptian Uppers« bezeichnet. Diese Faser hat im letzten Jahrzehnt für alle Reifensorten und -größen ausgedehnte Verwendung gefunden.

Sehr nahe an Egyptian Uppers kommen in Länge und in den wichtigsten Fasereigenschaften jene Sorten, die als »Peeler«- oder »Bender«-Baumwolle bekannt sind. Diese wachsen hauptsächlich in den Tiefen des unteren Mississippitales. Heute werden diese Sorten am meisten für Reifen verwendet.

Endlich finden auch die kurzstapeligen amerikanischen Hochlandsorten einigermaßen für Cordlagen im Reifenbau Verwendung, jedoch nur für billigere Ausführungen. Dagegen werden diese Baumwollsorten für die verschiedenen Hilfsstoffe in der Reifenerzeugung verwendet, und zwar für Wulstschutzstreifen, Fahnen und für Stoffe zum Umwickeln der Wulstkerne.

Nach den jeweiligen Marktverhältnissen tauchten verschiedene andere Fasersorten in der Industrie auf, ohne eine größere Verbreitung zu finden. Unter diesen Sorten sind eine braune und eine weiße Peruvianersorte und eine Kongobaumwollsorte zu erwähnen.



## 2. Sortierung und Prüfung der Gleichmäßigkeit

Eine der bemerkenswertesten und wichtigsten Fortschritte für die in der Reifenindustrie verwendeten Stoffe war die Organisation zur Verbesserung der Sortierung und der Fabrikationsmethoden. Manche größere Fabriken haben große Sortierungsabteilungen, wo jeder Ballen Baumwolle sorgfältig geprüft und seine Qualität vor Übernahme bewertet wird, gleichgültig, ob die Baumwolle in eigenen Spinnereien verarbeitet wird oder auswärts. Dieser Vorgang in Verbindung mit der steten Entwicklung in der Stoffherzeugung ermöglichte die Festigkeiten und die Beanspruchung so zu erhöhen, daß die Reifen aus immer billigerem Material hergestellt, immer bessere Leistungen ergaben.

## 3. Kreuzgewebe

Derzeit ist das Kreuzgewebe fast gänzlich durch Cordstreifen ersetzt, der gewebt oder schußlos als Einlage für Reifen verwendet wird, während vor vielen Jahren nur Kreuzgewebe benutzt wurde. Das Standard-Kreuzgewebe hierfür war aus 23/11fach Garn, 22 bis 23 Faden per Zoll mit einem Gewicht von 17 bis 18 oz. per Quadratyard. Obgleich dieses Gewebe in der Fadenkonstruktion und in der Einstellung per Zoll in Kette und Schuß gleich war, war es doch sogar nach dem Kalandrieren in der Kette gewöhnlich wesentlich lockerer als im Schußfaden. Wurden Reifen aus solchem Stoff starken Stoßbeanspruchungen ausgesetzt, so war die Bruchstelle meist im Schußfaden, da diese bei allen Einlagen gleiche Richtung hatten. Die Reißfestigkeit per Zoll Breite betrug 450 lbs. für beste Sea Island-Baumwolle. Für Gewebe aus minderer kurzer Baumwolle nur 275 lbs. oder 250 lbs. und wurden solche Sorten nur für die billigsten Reifensorten verwendet.

In modernen Cordreifen wird Kreuzgewebe für Wulstschutzstreifen, Fahnen und Verstärkungsstreifen sowie für Wulstumwicklung und einzeln für Laufflächeneinlagen verwendet. Diese Stoffe sind gewöhnlich aus der kurzstapeligen amerikanischen Baumwolle ( $\frac{7}{8}$  bis  $1\frac{1}{16}$ "). Konstruktion und Verwendung im Reifen sind aus nachstehender Tabelle zu ersehen.

Gewicht in ounzes p. sq. Yard.	Einstellung per Zoll	Garn- Konstruktion	Festigkeit per in lbs.	Verwendung
14	23×23	20/8fach oder 10/4fach	260	Wulstschutzstreifen, Fahnen, Verstärkungs- streifen für Lastwagen und Omnibusse.
11	32×28	4/1fach	180	Wulstschutzstreifen und Fahnen für Per- sonenreifen.
4	32×28	10/1fach	90	Wulstumwicklung.

Beträchtliche Abweichungen von diesen Werten kommen natürlich bei verschiedenen Fabriken vor.

In vereinzelt Fällen wird Kreuzgewebe für Laufflächeneinlagen verwendet, und zwar ist dann die Baumwolle, das Garn und die Fadenkonstruktion ähnlich dem 17 ounces schweren Kreuzgewebe, ein Unterschied besteht nur in der Einstellung und daher auch im Stoffgewicht. Die gebräuchlichen Konstruktionen haben 8 bis 10 Fäden per Zoll in Kette und Schuß, was einem Gewicht von 8 bis 9 ounces per Quadratyard entspricht.

#### 4. Laufflächeneinlagen

Eine sehr gebräuchliche Stofftype für Laufflächeneinlagen, und zwar sowohl für Personenwagen- als auch Lastwagenreifen ist das Lenogewebe. Bei dieser Gewebetypen besteht die Kette aus zwei Fäden 20/7fach, und der Schuß aus einfachem Garn 20/12fach oder 20/13fach. Durch die Lenowebart werden diese Fäden so verbunden, daß das Gewebe einen festen Charakter erhält als das Kreuzgewebe mit gleichem Gewicht und gleicher Einstellung. Solches Lenogewebe hat eine Einstellung von etwa  $8 \times 8$ , wobei jedes Kettenfadenpaar als Ganzes gerechnet wird, bei einem Gewicht von 8 bis 9 ounces per Quadratyard. Je nach der verwendeten Baumwollsorte beträgt die Reißfestigkeit sowohl in Kette als auch Schuß per Zoll 110 bis 140 lbs.

Cordgewebe als Laufflächeneinlage wird später unter »Cordgewebe« behandelt.

#### 5. Cordgewebe

Cordgewebe wurde an Stelle von Kreuzgewebe zuerst in Reifen für elektrisch betriebene Fahrzeuge verwendet. In diesem Falle war der Hauptvorteil desselben in geringerem Kraftverbrauch gelegen. Später zeigte sich jedoch, daß Cordreifen gegen Loslösung der Lagen und des Polstergummis weit widerstandsfähiger waren als Kreuzgewebereifen, bei denen dies einer der größten Fehler war. Auch trat bei Cordreifen Ermüdung des Gewebes, sogenanntes Brechen in der Schulterpartie, nicht so leicht ein und konnten diese daher größeren Durchbiegungen standhalten und mit niederem Luftdruck benutzt werden.

Die ersten Cordtypen, in der Cordindustrie als »Hawser-Konstruktion« bezeichnet, verwendeten beste Baumwolle und wurden so geflochten, daß ein Höchstmaß an Reißfestigkeit erreicht wurde. Es zeigte sich, daß Cordreifen gegen Steinschläge etwas weniger widerstandsfähig waren als Kreuzgewebereifen, und man glaubte, daß ein Maximum an Reißfestigkeit die beste Sicherheit gegen solche Defekte wäre, obgleich dies nicht das einzige Hilfsmittel dagegen ist. Verschiedene Cordgarne wurden im Laufe der Zeit verwendet, bald schwächere und wesentlich stärkere als die jetzigen Standardtypen.

Beim Vergleich von Cordgewebe mit Kreuzgewebe als Einlagenmaterial erscheint es zweckmäßig, den Vergleich in zwei Richtungen anzustellen, erstens bezüglich Behandlung in der Vorarbeit und bei der Reifenerzeugung und zweitens in bezug auf die Auswirkung seiner Eigenschaften im fertigen Produkt.

Beim Kalandrieren gestattet der mehr oder weniger feste Charakter des Kreuzgewebes tatsächlich jede Art oder Vorschrift des Trocknens,



Gummibelegens, Tränkens mit Lösung, Friktionierens usw., ohne daß Fehler durch Verzerren des Gewebes auftreten. Dasselbe gilt von der Behandlung auf der Schneidemaschine und bei den nachfolgenden Arbeitsvorgängen. Cordgewebe dagegen ist außerordentlich locker, und daher können starke Verzerrungen nur durch besondere Sorgfalt in allen Einzelheiten bei den aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen vermieden werden. Andererseits gestattet diese Eigenschaft des leichten Verziegens des Cordgewebes, die Reifen der meisten Größen nach dem Flachband- oder Trommelverfahren zu erzeugen, abgesehen von den Omnibus- und Lastwagenreifen, die zu viele Einlagen haben.

Im Betriebe zeigen Cordreifen größere Widerstandsfähigkeit gegen Loslösung der Lagen als Kreuzgewebereifen, sie sind auch gegen Ermüdung widerstandsfähiger, insbesondere wenn stark gedrehte Cordfäden verwendet werden. Durch die fortwährende Verbesserung der Landstraßen kommt die Widerstandsfähigkeit gegen Steinschläge erst in zweiter Linie. Der Kraftverbrauch von Cordreifen ist bei gleicher Belastung, Luftdruck und Durchbiegung viel geringer als der von Kreuzgewebereifen. Diese Tatsache läßt für die heutigen Straßen große Geschwindigkeiten zu, ohne daß sich die Reifen erhitzen; bei solchen Geschwindigkeiten würden Kreuzgewebereifen so hohe Temperaturen entwickeln, daß Defekte dadurch entstehen müßten.

Die heute wahrscheinlich meist verwendete Cordsorte ist  $23/5 \times 3$  »howser«-Konstruktion, die mit einer Einstellung von 24 Fäden per Zoll gewebt ein Gewebe mit einem Gewicht von 14 bis 15 ounces per Quadratyard ergibt. Solche Cordfäden werden in Omnibus- und Lastwagenreifen und in Vier-Lagen-Personenwagenreifen verwendet. Für extra starke oder Sechs-Lagen-Personenwagenreifen wird meist ein schwächerer Cordfaden,  $23/3 \times 3$ , entsprechend einem Gewebe von 11 bis 12 ounces per Quadratyard benutzt. Es hat sich gezeigt, daß auch mit stärkeren Garnnummern als 23er Garn gute Reifen erzeugt werden können, so wird in verschiedenen Reifentypen Garn mit Nummern 18, 15, 14, 13, 12, 10 und 7 verwendet. Im allgemeinen ist bei stärkeren Garnnummern die zulässige Reifenbeanspruchung geringer.

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Zusammenstellung der meist gebräuchlichen Cordgewebe und ihre Verwendung mit Berücksichtigung der derzeitigen Beanspruchungen und Marktverhältnisse.

Konstruktion	Baumwolle	Dehnung in %	Einstellung	Verwendung
$23/5 \times 3$	Sak oder Pima	19—20	22—25	Omnibus- und Lastwagenreifen.
$23/5 \times 3$	Egyptian Uppers	17—18	22—25	Schwere Personenwagenreifen.
$23/5 \times 3$	Peeler	15—16	22—25	Reguläre Personenwagenreifen.
$23/4 \times 3$	Egyptian Uppers oder Peeler	12—13	24—26	Extra starke Personenwagenreifen.

Konstruktion	Baumwolle	Dehnung in %	Einstellung	Verwendung
15/3×3	Egyptian Uppers oder Peeler	12—13	24—26	Extra starke Personen- wagenreifen.
14/3×3	Egyptian Uppers oder Peeler	13—14	23—25	Vier-Lagen-Personen- wagenreifen.
13/3×3	Peeler o. American	14—16	22—25	Vier-Lagen-Personen- wagenreifen.
7/2/2	Peeler o. American	12—13	22—25	Vier-Lagen-Personen- wagenreifen.

Für Spezialzwecke werden auch Werte außerhalb der oben angeführten Grenzen verwendet. In großen Omnibusreifen werden manchmal die äußeren Lagen aus einem Cordgewebe mit wesentlich geringerer Einstellung erzeugt, um Loslösungen im Polstergummi zu vermeiden.

Bei manchen Reifentypen wird an Stelle von Lenogewebe Cordgewebe als Laufflächeneinlage benutzt. In diesem Falle wird ein Cordgewebe benutzt, das ähnlich dem für Einlagen verwendeten Cord ist, dessen Einstellung aber nur ungefähr die Hälfte beträgt. Besteht der Laufflächenstreifen aus zwei Cordgewebelagen, so wird schwächerer Cordfaden verwendet, und zwar 23/3×3 mit einer Einstellung von 10 bis 12 Fäden per Zoll, wobei die Lagen gekreuzt aufgelegt werden. Diese Cordlagen wiegen ungefähr 4 ounces per Quadratyard.

### 6. Schußloser Cordstoff

Manche Fabriken beziehen statt gewebten Cordstoffes die Cordfäden auf Spulen und führen die Cordfäden von einem Gatter direkt in den Kaland. Bei dieser Methode werden die Webkosten erspart, dagegen bereitet die Verwendung verschiedenartiger Garnsorten für bestimmte Reifenarten Schwierigkeiten infolge der Umständlichkeit des Auswechselns der Garnspulen. Das hierfür verwendete Material wird als schußloser Cordstoff bezeichnet, diesem entspricht in der Reifenerzeugung ein Cordgewebe mit einem Schuß aus einfachem 23er Garn und einer SchußEinstellung von 2½ bis 4 Fäden per Zoll.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß im letzten Jahrzehnt die ununterbrochenen Versuche zur Verbesserung der Baumwolle beweisen, was für ein wichtiger Bestandteil dieselbe im Reifenbau geworden ist. Die weitere Entwicklung liegt in der Verwendung billiger und geeigneter Baumwolle für diesen Zweck, sowohl durch entsprechende Konstruktion und verbesserte Methoden in den Spinnereien als auch in der Gleichförmigkeit des Materiales.

## Die Behandlung des Gewebes für Reifen

Die verschiedenen Arten von Geweben, die für Reifen verwendet werden, wurden bereits besprochen. Der Reifenerzeuger muß der Spinnerei die Art der Baumwolle, die Einstellung, die Cordkonstruktion, die Drehung, die Reißfestigkeit und Dehnung bekanntgeben. Nach Fest-



legung dieser Spezifikationen muß die Reifenfabrik für eine sorgfältige Prüfung Vorsorge treffen, damit diese Spezifikationen auch richtig eingehalten werden. Die gelieferte Ware muß auch bezüglich etwaiger Transportbeschädigungen Überprüfungen unterzogen werden. Diese Prüfung kann derart erfolgen, daß das Gewebe über einen mit einer Glasplatte versehenen Tisch läuft, der von unten beleuchtet wird. Da die Eigenschaften des Gewebes je nach dem Feuchtigkeitsgrad verschieden sind, muß dasselbe zuerst konditioniert und bei konstanter Feuchtigkeit und Temperatur geprüft werden.

### **Trocknen und Kalandrieren des Gewebes**

Jedes Gewebe, das für Reifen verwendet wird, läuft durch einen Zellentrockner, auch wenn es während des weiteren Arbeitsprozesses noch getrocknet wird.

Das Gewebe wird zum Zellentrockner in seiner Originalverpackung geliefert (dasselbe wird nach Prüfung wieder eingerollt). Es enthält auf einer an der Stoffrolle angehängten Karte alle Bezeichnungen bezüglich Art des Gewebes, des Lieferanten, ferner Länge und Gewichtsangabe. Diese Anhängerkarten bleiben während aller Arbeitsgänge auf den Geweberollen, so daß es leicht ist, im Falle auftretender Mängel die Ursache zu finden.

Der Zweck des Zellentrockners ist erstens, das Gewebe zu trocknen und zweitens, das Gewebe zu erwärmen, da die Mischung beim Kalandrieren auf kaltem Gewebe nicht haftet.

Die Zellentrockner bestehen gewöhnlich aus 10 bis 12 Zellen in Form von eisernen Hohlzylindern, die so angeordnet sind, daß das Gewebe beim Passieren derselben mit einer möglichst großen Oberfläche in Berührung kommt. Die Zellen werden mittels Dampf geheizt und die Enden jeder Zelle mit Kupferrollen ausgestattet, die durch eine endlose Kette angetrieben werden. Diese Rollen führen das Gewebe mit dem möglich geringsten Aufwand an Friktion durch den Trockner.

Nach dem Passieren des Zellentrockners wird das Gewebe gewogen, die Abwaage auf der Anhängerkarte vermerkt und in Aufhängevorrichtungen zum Kalandrieren befördert.

### **Kalandrieren des Cordgewebes**

Die in der Gummi-Industrie verwendeten Kalandrierer sind starke Maschinen, bei denen gewöhnlich drei Walzen mit ungefähr 30" Durchmesser und 64 bis 100" Länge in einem massiven Eisenrahmen montiert sind, und zwar so, daß ihre Achsen parallel und in einer Vertikalebene liegen. Die Walzen sind innen für Wasserkühlung und Dampfheizung ausgehöhlt und an den Enden mit Stopfbüchsen versehen, an die Gelenkrohre zur Dampf- und Wasserzufuhr angeschlossen sind.

Der Antrieb erfolgt durch einen Elektromotor mit veränderlicher Tourenzahl mittels Zahnradgetriebe auf die mittlere Kalandrierwalze. Durch entsprechende mechanische Vorrichtungen können entweder alle Walzen mit gleicher Geschwindigkeit oder die Mittelwalze schneller als die beiden anderen betrieben werden.

Das Verhältnis der Geschwindigkeit der Mittelwalze zur unteren Walze ist ungefähr 3 : 2. Beim Belegen des Gewebes mit Gummi laufen gewöhnlich die Mittelwalze und die untere Walze mit derselben Geschwindigkeit, während die oberste Walze langsamer läuft.

Die Kalanderswalzen haben über ihre ganze Länge nicht den gleichen Durchmesser. Beispielsweise ist die oberste Walze 0.005 bis 0.014" konvex, die Mittelwalze eben und die untere Walze 0.001 bis 0.005" konkav. Diese Verschiedenheit der Durchmesser ist nur so groß, daß das Durchfedern der Walzen beim Einlegen von Gummi zwischen oberster und mittlerer Walze aufgehoben wird.

Das Gewebe wird über Vorwärmwalzen zum Kalanders geführt, dann über Kühltrommeln und dann in Zwischenleinen aufgewickelt.

### Kalanders Train

Die Funktionen des »Kalanders Trains« sind, das Gewebe in fortlaufendem Arbeitsprozeß mit Gummiplatte zu belegen (coaten), zu friktionieren und nochmals zu »coaten«. Dies erfolgt durch aufeinanderfolgende Behandlung an drei Kalandern, und zwar ist der erste Kalanders »Coat«-Kalanders, der zweite Friktionskalanders und der dritte wieder »Coat«-Kalanders. Kühltrommeln und Aufwickelvorrichtungen sind hinter dem letzten Kalanders angeordnet.

Die Gummimischung wird in allen Fällen zwischen der mittleren und oberen Kalanderswalze eingelegt und über die mittlere Walze rundherumgeführt.

Alle Gewebe werden auf ein vorher bestimmtes Maß oder Stärke kalandriert. Es ist daher notwendig, auf jedem Kalanders ein ganz bestimmtes Gummigewicht auf den Stoff aufzupressen. Zu diesem Zweck kann die obere Walze gesenkt oder gehoben werden, wodurch auf der Mittelwalze eine schwächere oder stärkere Gummiplatte gebildet wird. Um die Stärke dieser Gummiplatte zu messen, wird an jedem Ende der Mittelrolle ein Paar Rollen montiert, das mit einem Elektromagnet verbunden ist. Die Kalanderswalze ist von dem Elektromagnet durch die Stärke der Gummiplatte isoliert.

Die Stärke wird an einem Dickenmesser angezeigt, der an einem geeigneten Platze zum Ablesen angebracht ist.

Bei Verwendung eines Kalanders trains wird die Geschwindigkeit aller drei Kalanders von einer Kontrollstelle reguliert. Da es jedoch unmöglich ist, die Geschwindigkeit der drei Kalanders absolut gleich abzustimmen, bedient man sich Kontrollvorrichtungen zur Regelung der Dehnung des Gewebes zwischen dem ersten und zweiten und zwischen dem zweiten und dritten Kalanders. Diese Vorrichtung besteht aus einer Walze, über die das Gewebe läuft. Die Enden der Walze sind in einem Gestell vertikal verschiebbar montiert. Die Walzenlager sind mit einem Stahlzapfen verbunden, der unter konstantem Preßdruck steht. Beim Passieren dieser Walze bildet das Gewebe eine Schleife. Wird das Gewebe gespannt,



so wird die Walze niedergedrückt, wird die Spannung vermindert, so wird die Walze durch den Preßdruck gehoben und das ganze Gewebe wieder auf die richtige Spannung gebracht. Auf diese Weise ist es möglich, Unterschiede bis zu 20 Fuß in der Gewebelänge zwischen jedem Kalandrierer auszugleichen.

Die Temperatur der Mischung und der Kalandrierwalzen ist für gutes Kalandrieren von besonderer Wichtigkeit. Bis vor einigen Jahren wurde die Temperatur der Kalandrierwalzen durch den Kalandrierführer durch Auflegen der Hand auf die Walzen geprüft. Heute dagegen ist diese Methode durch automatische Temperaturregelung und durch Meßapparate ersetzt, die die Temperatur der Kalandrierwalzen anzeigen.

In den letzten Jahren wurde ein Verfahren eingeführt, um die Cordfäden von einem Spulengatter direkt in einen Vierwalzenkalandrierer zu führen und auf beiden Seiten gleichzeitig mit Gummi zu belegen. Diese Kalandriertypen sind auch für die verschiedenen Kreuzgewebesorten verwendbar, wodurch eine gute Gummiverbindung mit dem Stoff erzielt wird.

### Kalandrieren von Lenogewebe für Laufflächeneinlagen

Lenogewebe ist die am meisten verwendete Sorte für Gewebeeinlagen in Reifenlaufflächen.

Da das Gewebe sehr weitmaschig ist, wirkt die hohe Spannung im Reifenumfang darauf hin, die Zwischenräume zwischen Kette und Schuß zu schließen, was letzten Endes zum Zerreißen des Gewebes führt. Da bei flach erzeugten Reifen die Laufflächeneinlage auf den bestimmten Wulstdurchmesser aufgelegt und nachher auf einen wesentlich größeren Durchmesser ausgedehnt wird, war es wünschenswert, das Gewebe während der Bearbeitung so zu verdrehen, daß die Zunahme der Spannung unter rechten Winkeln zur Verdrehung erfolgte. Dies kann beim Kalandrieren durch Zunahme der Spannung von einer Seite zur andern erfolgen oder schon vorher beim Streichprozeß, wenn dieser angewendet wird. Der Gummi beim Kalandrieren oder beim Frikktionieren hält das Gewebe vorübergehend in seiner verdrehten Lage.

Lenogewebe kann zuerst gestrichen und dann entweder am Dreiwalzen- oder am Vierwalzenkalandrierer mit Gummi belegt oder in gleicher Weise wie Cordgewebe behandelt werden. Frikktionieren gibt jedoch Anlaß zu unerwünschten Verzerrungen.

Im allgemeinen muß das Gewebe bis zum Gummieren trocken und warm gehalten werden und frei von ungleichen Dehnungen mit möglichst gleichmäßiger Pressung über die ganze Breite kalandriert werden. Das Aufrollen und die Manipulation mit den Geweberollen muß sorgfältig vor sich gehen, damit das Gewebe nicht an einzelnen Stellen zusammenklebt, weil es sonst beim Ausrollen ausgezogen wird und ungleiche Breiten beim Schneiden entstehen. Die Plastizität und die Art der Gummimischung beeinflussen die Gleichmäßigkeit der Kalandrierpressung und die folgenden Eigenschaften des Gewebes und sind Gegenstand ausführlicher Studien für jeden speziellen Fall.

## Die Gewebeherstellung für die Reifenfabrikation

Der rasche Aufstieg der Automobilindustrie hat eine ausgedehnte und vielseitige Nachfrage nach Automobilreifen geschaffen. Die Kilometerleistungen, die ein Reifen erreicht, hängen insbesondere von der Art und den Methoden der Beanspruchung ab.

In bezug auf das Gewebe ist die Reifenerzeugung in vier Klassen geteilt, und zwar Reifeneinlagen, Laufflächeneinlagen, Verstärkungsstreifen und Wulstschutzstreifen. Entsprechend dieser Einteilung erfolgt die Herstellung der Gewebe aus der für jede Klasse am besten geeigneten Baumwolle. Für Reifeneinlagen werden z. B. allgemein Pima, Sakellaridis oder Egyptianbaumwolle verwendet. Peeler und kurze amerikanische Baumwolle werden für die Laufflächeneinlagen, für Verstärkungsstreifen und Wulstschutzstreifen verwendet.

### Gewebe für Reifeneinlagen

Die Konstruktion dieses Gewebes ist meist  $23/5 \times 3$ , wobei die erste Ziffer 23 die Stärke des Garnes bezeichnet. Die englische Bezeichnung 23 mit dem Index s (23 s) ist eine Abkürzung für die Worte »hanks« und ist die textiltechnische Bezeichnung für 840 Yards. 23 s bedeutet, daß 23 »hanks« des einfachen Garns ein Pfund wiegen oder  $23 \times 840$  Yards = 19.320 Yards auf ein Pfund gehen.

Die Ziffer 5 bezeichnet die Anzahl der Einzelgarne, die zuerst zusammengeflochten werden und die Ziffer 3 die Anzahl, wieviel solcher Garnlagen nachher zusammengedreht werden.

Ogleich hauptsächlich für Gewebelagen die Konstruktion  $23/5 \times 3$  verwendet wird, werden je nach der Reifengröße und dem Verwendungszweck der Reifen auch andere Konstruktionen verwendet, und zwar  $23/4 \times 3$ ,  $13/3 \times 3$ ,  $18/4 \times 3$ ,  $7/2/2$ ,  $15/3 \times 3$ ,  $14/2 \times 2$ .

### Besichtigung und Prüfung des Reifengewebes

Jedes Reifengewebe wird nach ganz bestimmten Vorschriften erzeugt. Die Vorschriften, die der Stofferzeuger erhält, sind gewöhnlich folgende:

Art der Baumwolle,

Länge des Stapels und Konstruktion des Gewebes ( $23/5 \times 3$ ,  $23/4 \times 3$  usw.),

Anzahl der Kettenfäden per Zoll,

Gesamtzahl der Kettenfäden auf die ganze Stoffbreite,

Anzahl der Schußfäden per Zoll,

Drehung (im Einzelgarn, im gefachten Garn und im Kordel),

Gewicht in ounces per Quadratyard,

Stärke,

Reißfestigkeit,

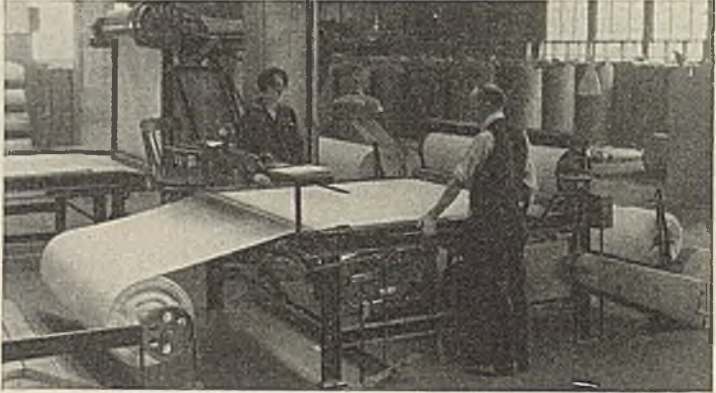
Dehnung.

In der Reifenfabrik läuft das Gewebe zur genauen Besichtigung über einen Tisch. Dieser besitzt eine ebene Tischfläche, die so breit ist, daß die ganze Breite der Stoffrolle besichtigt werden kann. Ein großer Teil der Tischfläche ist aus Glas und wird durch Glühlampen, die direkt unter demselben angebracht sind, beleuchtet. Am rückwärtigen Ende des



Tisches sind geeignete Ständer zur Aufhängung der Stoffrollen und zum Aufrollen der Stoffe angebracht.

Der Tisch ist mit einer Meßvorrichtung und den gewöhnlichen Führungswalzen ausgestattet und besitzt eine Aufwickelvorrichtung für konstante Geschwindigkeit (Abb. 395).



*Abb. 395. Besichtigung des Gewebes*

Während das Gewebe über die Tischfläche läuft, wird es auf Fehler durch Schmutz, Fett oder Öl, die durch mangelhafte Verpackung entstehen können sowie auf Gleichmäßigkeit überprüft. Auch die Stärke des Cords, Einstellung und Breite jeder Rolle sowie das fakturierte Gewicht und Längenmaß werden nachgeprüft. Bei dieser Gelegenheit werden auch Muster für Prüzzwecke abgeschnitten und an das Laboratorium gesandt, wo das Gewebe in bezug auf die von der Weberei geforderten Eigenschaften nachgeprüft wird. Das Laboratorium ist mit Prüfmaschinen nach den Vorschriften der »American Society for Testing Materials« ausgestattet und prüft nach den Methoden dieser Gesellschaft (Abb. 396).



*Abb. 396. Gewebeproofung im Laboratorium*

### Trocknen der Gewebe für Reifeneinlagen

Jedes Gewebe, das für Reifeneinlagen verwendet wird, geht durch einen Zellentrockner, der die Trocknung und Erwärmung des Gewebes besorgt.

Zwei Haupttypen von Zellentrocknern werden benutzt. Die meistgebräuchliche Type besitzt 10 oder 12 Zellen. Die Zellen bestehen aus hohlen gußeisernen Kästen, sind direkt übereinander angeordnet mit so viel Zwischenraum, daß das Gewebe durch den Trockner geführt werden kann. Die Zellen werden durch Dampf geheizt und die Zirkulation in der Zelle durch Prellbleche erzielt. Die Maschine ist mit entsprechenden Aufhängevorrichtungen für das Gewebe und mit mechanischer Ab- und Aufwicklung ausgestattet.

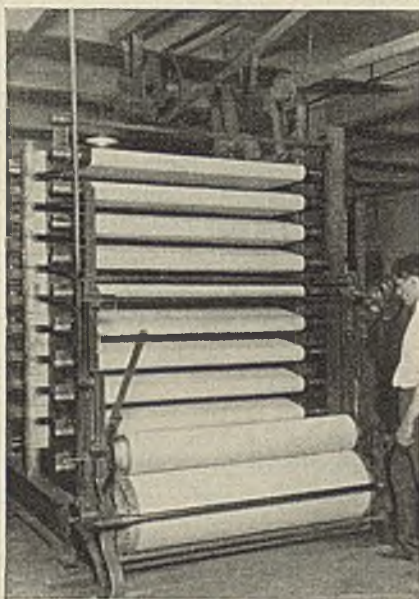


Abb. 397. Trocknen des Gewebes

Die andere Type der Zellentrockner besteht aus 8 oder 10 Stahltrommeln, die in vertikaler Ebene übereinander angeordnet sind. Diese Trommeln werden mit Dampf geheizt und das Gewebe in ähnlicher Weise wie bei der ersteren Type ab- und aufgerollt (Abbildung 397).

### Kalandrieren der Gewebereinlagen

Für das Kalandrieren der Gewebereinlagen für Reifen werden verschiedene Methoden verwendet. Die erste Methode benutzt einen Drei-

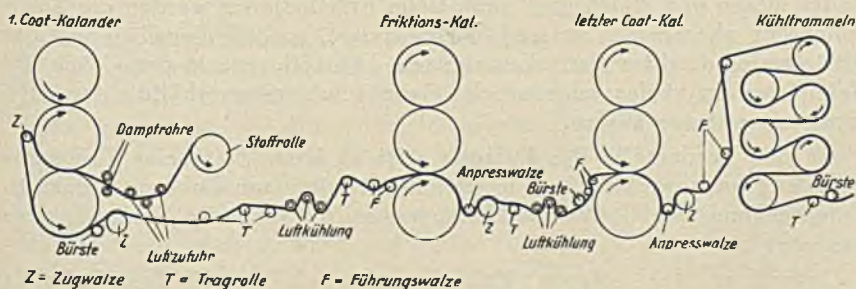


Abb. 398. Ein Kalender Train

walzkalender, auf dem das Gewebe zuerst friktioniert und dann auf beiden Seiten schwach mit Gummi belegt (gecoatet) wird. Bei der zweiten Methode wird das Gewebe auf einem Dreiwalzkalender friktioniert



und dann durch aufeinanderfolgende Behandlung auf zwei Dreiwalzkalandern mit Gummi belegt. Auf diese Art werden beide Seiten des Gewebes in einem Arbeitsgang mit Gummi belegt.

Die dritte Methode ist die Verwendung eines Kalandertains. Diese Methode benutzt drei Dreiwalzkalander der Reihe nach. Der erste Kalander ist ein »Coat«-Kalander, der zweite (mittlere) ein Friktionskalander und der dritte ebenfalls ein »Coat«-Kalander (Abb. 398).

Bei der vierten Methode läuft das Gewebe durch eine Gummilösung und wird dann auf einem Zweikalandertrain kalandriert.

Bei der fünften Methode werden die einzelnen Fäden durch ein Latexband gezogen und dann in Form einer Platte vereinigt, getrocknet und auf einem Zweikalandertrain kalandriert.

Bei der sechsten Methode werden die einzelnen Fäden ohne Vorbehandlung in genauen Abständen zu einem Vierwalzenkalander geführt und dort in einem Arbeitsgang kalandriert.

### Der Dreiwalzenkalander

Derselbe besteht aus drei Stahlgußwalzen von ungefähr 30" Durchmesser und 64 bis 100" Länge, die in einem massiven Eisenrahmen, eine Rolle über der anderen und parallel montiert sind.

Die Walzen sind für Wasserkühlung und Dampfheizung ausgehöhlt, haben Stopfbüchsen mit Gelenkrohren für Wasser- und Dampfzuleitung und eine Ausströmleitung für die Kondensation.

Alle Walzen haben an jedem Ende losesitzende Zahnräder, nur bei der Mittelwalze sind die Zahnräder fest. Die Zahnräder an der Antriebsseite sind für alle Walzen gleich groß und werden, wenn gleiche Geschwindigkeit der Walzen erforderlich ist, an der oberen und unteren Walze fixiert, so daß die Oberflächengeschwindigkeit aller Walzen gleich groß ist. Von den Zahnrädern an der dem Antrieb entgegengesetzten Seite ist das auf der Mittelwalze befestigte Zahnrad kleiner als die beiden Zahnräder der Ober- und Unterwalze, die lose auf den Walzenenden sitzen und gleich groß sind. Beim Friktionieren werden die Zahnräder der oberen und unteren Walze fixiert, so daß dieselben von der Mittelwalze direkt angetrieben werden. Die Differenz in der Größe der Zahnräder ergibt das erforderliche Geschwindigkeitsverhältnis der mittleren zur unteren Walze.

An der Vorderseite des Kalanders ist an jeder Seite eine Friktionskupplung angebracht. Diese Kupplung ist mit einer Bohrung versehen, entsprechend der Größe des Eisendornes, auf den die Stoffrolle aufgesteckt ist.

Gegenüber der unteren Kalandervalze sind zwei dampfgeheizte Rohre angebracht, die das Gewebe etwas vorwärmen und glätten, um Faltenbildung zu verhüten. Auf der anderen Seite des Kalanders befinden sich gewöhnlich 6 bis 8 Kühltrommeln, um das gummierte Gewebe abzukühlen.

Diese Trommeln sind hohl und zirkuliert kaltes Wasser in den Hohlräumen. Sie werden durch Ketten und Kettenräder angetrieben. Ihre Geschwindigkeit stimmt mit der des Kalenders überein.

Unmittelbar nach den Kühltrommeln ist die Aufwickelvorrichtung angeordnet. Diese besitzt einen Eisendorn zum Aufwickeln des Stoffes, der durch Kette und Kettenrad mittels einer Friktionskupplung von den Kühltrommeln angetrieben wird. Mit dem Zunehmen der Stoffrolle beim Aufwickeln kommt die Friktionskupplung in Tätigkeit, wodurch die Geschwindigkeit des Aufwickelns geregelt wird.

Die Gestelle zur Aufnahme der Mitläufer sind unter der Aufwickelwalze angeordnet. Der Mitläufer wird in das gummierte Gewebe beim Aufrollen eingelegt und durch die Aufwickelwalze von der eigenen Rolle abgezogen.

Das Einlegen des Gummimaterials in den Kalendar erfolgt zwischen der oberen und mittleren Walze. Der Spalt zwischen diesen zwei Walzen reguliert die Gummimenge, die auf das Gewebe aufgelegt wird.

Das Gewebe läuft zwischen der mittleren und unteren Walze durch, wobei die untere Walze so stark gehoben wird, daß das Gewebe gegen die mittlere Walze gepreßt wird. Dadurch wird die Gummimischung von der Mittelrolle auf das Gewebe abgezogen. Beim Friktionieren arbeitet die Mittelwalze mit höherer Geschwindigkeit als die untere Walze und da diese die Geschwindigkeit des Gewebes bestimmt, wird die Mischung in das Gewebe gedrückt. Beim Kalandrieren nach dieser Methode erhält das Gewebe zuerst einen Friktionsbelag durch die ungleiche Geschwindigkeit der mittleren und unteren Walze. Dann erfolgt das »Coaten«, wobei die Zahnräder so arbeiten müssen, daß die Walzen gleiche Geschwindigkeiten haben. Diese Methode erfordert besondere Handhabung des Gewebes und ist im ganzen sehr langsam; aus diesem Grunde wurde die Methode der Verwendung eines Zweikalandertrains entwickelt.

### Zweikalandertrain

Beim Zweikalandertrain werden zwei Dreiwalzenkalendar verwendet, die hintereinander aufgestellt sind. Derselbe wird benutzt, um entweder jede Seite des Gewebes zu friktionieren und zu coaten oder um beide Seiten zu coaten. Die Kalendar sind genau gleich der vorher beschriebenen Type. Der einzige Unterschied besteht darin, daß gewöhnlich zwischen den zwei Kalandern eine Ausgleichvorrichtung für die Gewebespannung eingeschaltet wird. Diese gleicht Spannungen im Gewebe aus, die auftreten können, wenn die Geschwindigkeiten der Kalendar nicht vollständig übereinstimmen und sichert dadurch die fortlaufende richtige Arbeitsweise.

Bei Verwendung dieser Methode wird das Gewebe auf Gestellen zwischen den beiden Kalandern aufgehängt. Das Gewebe wird zwischen mittlerer und unterer Walze eingeführt. Der erste Kalendar coatet oder



friktioniert die Oberseite des Gewebes, das durch die untere Walze mitgenommen wird und diese bringt die untere Gewebeseite nach oben. Das Gewebe wird durch den zweiten Kalandar durchgeführt, an dem die andere Seite mit Gummi belegt oder friktioniert wird.

Die Kühltrommeln und die Aufwickelvorrichtungen sind die gleichen wie bei einzelnen Dreiwalzenkalandern.

### Dreikalandertrain

Diese Methode verwendet drei hintereinander aufgestellte Dreiwalzenkalandar. Der erste Kalandar wird meist zum Coaten, der zweite oder mittlere Kalandar zum Friktionieren und der letzte wieder zum Coaten verwendet. Das Gewebe wird zwischen erstem und zweitem Kalandar aufgehängt und läuft durch den ersten Kalandar und um die untere Walze zurück zum zweiten Kalandar und durch diesen direkt zum dritten Kalandar. Die Aufwickelvorrichtungen und Kühltrommeln sind ähnlich den schon beschriebenen.

Das ganze System ist vollständig synchronisiert, jedoch sind vorsichtshalber zwischen erstem und zweitem und zwischen zweitem und drittem Kalandar Vorrichtungen zum Ausgleich von Spannungen eingeschaltet, um ungleiche Dehnungen zu vermeiden.

Jeder Kalandar ist mit Meßinstrumenten ausgestattet, um das Gewebe auf bestimmte Stärke zu verarbeiten. Die Arbeitsweise bei dieser Methode ist fortlaufend und nur zum Auswechseln der Geweberollen werden die notwendigen Pausen eingeschaltet.

### Der Tauchprozeß

Bei dieser Methode läuft das Gewebe zuerst durch eine Gummibenzinlösung und wird dann auf dem Zweikalandertrain kalandriert.

Bei Verwendung dieser Methode wird das Gewebe nicht durch Zellentrockner getrocknet, sondern geht vom Lagerraum direkt durch das Tauchgefäß, das so groß ist, daß das Gewebe beim Passieren vollständig gesättigt wird; unmittelbar nachher wird das Gewebe durch Wringwalzen geleitet, die die überschüssige Lösung ausquetschen. Dann führt man es durch einen Vertikaltrockner. In diesem verdunstet das Lösungsmittel, das Gewebe wird getrocknet und erwärmt, so daß es mittels einer Aufwickelvorrichtung aufgerollt werden kann. Die Auf- und Abwickelvorrichtung dieser Maschine ist sehr ähnlich jener beim gewöhnlichen Trockenprozeß. Der einzige Unterschied besteht in der Verwendung einer Benzinrückgewinnung, die um die ganze Vorrichtung gebaut ist.

Nach dem Trocknen des Gewebes erfolgt die Kalandararbeit am Zweikalandertrain, bei der beide Kalandar zum Belegen mit einer schwachen Gummischicht (skim coat) verwendet werden.

Der Trockenprozeß und das Friktionieren entfallen bei dieser Arbeitsweise.

## Verarbeitung schußloser Cordgewebe

### Latex-Tauchverfahren

Bei der Verarbeitung von schußlosem Cordgewebe werden die Cordfäden auf konische Spulen aufgewickelt. Diese enthalten 12 000 bis 14 000 Yards auf einer Spule und sind hinter der Tauchvorrichtung auf einem Gatter aufgesteckt. Das Gatter ist so gebaut, daß für jeden Faden, der in die Tauchvorrichtung läuft, zwei Spindeln vorgesehen sind. Eine Spindel trägt die Spule, von der der Faden abläuft. Die andere Spindel trägt die Reservespule, die an die erste gespleißt wird. Dies sichert eine fortlaufende Arbeitsweise.

Das Gatter ist schräg aufgestellt und alle Cordfäden laufen über ein Kontrollammelbrett in das Latexbad. Dieses ist genügend groß, um vollständige Imprägnierung des Cords zu erreichen. Nach dem Verlassen des Bades gehen die Cordfäden durch ein System von Auspreßrollen und dann durch einen Kamm, der die Cordfäden in bestimmtem Abstände zu den Trommeln führt, die mit Dampf geheizt sind. Die Trommeln sind rund um den Umfang mit endlosen Führungen versehen, die das Gewebe in seiner ursprünglichen Einstellung halten. Da das Gewebe noch naß ist wenn es den Kamm verläßt, haftet es an den Führungen wenn es über die Trommeln läuft und behält seine ursprüngliche Lage.

Das Gewebe wird dann auf den Heizvorrichtungen getrocknet, auf einer Wickelvorrichtung mit konstanter Geschwindigkeit aufgerollt und auf einem Zweikalandertrain mit Gummi belegt.

### Doppel-Coat-Methode

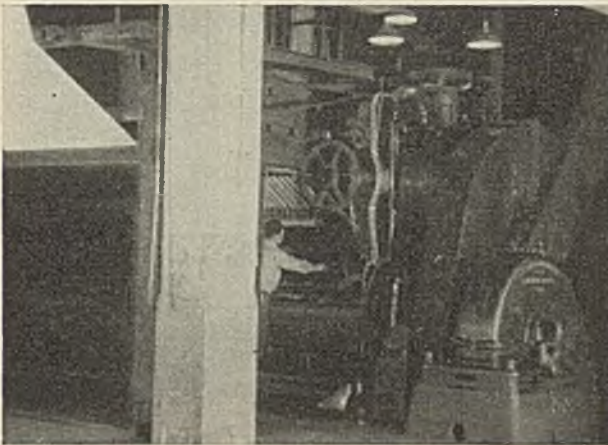


Abb. 399. Kalandrier für schußlosen Cord

Die Cordfäden werden für diese Arbeitsweise auf konischen Spulen in einer Länge von 12 000 bis 14 000 Yards aufgewickelt und diese Spulen auf Spindeln an einem Spulengatter aufgesteckt. Für einen laufenden





Abb. 400. Gatter für schußlosen Cord

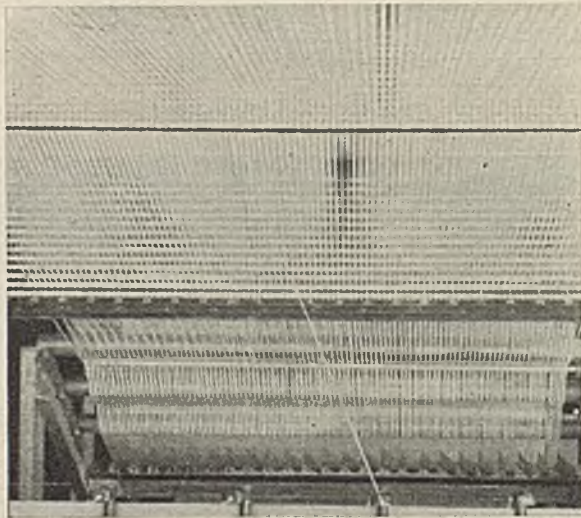


Abb. 401. Sammelbrett und Spanndorne

Faden sind zwei Spulen vorgesehen; eine Spule von der der Faden abläuft, die zweite ist die Reservespule und wird von dieser an erstere nach Bedarf angespleißt. Die Arbeitsweise ist genau die gleiche wie beim Tränkprozeß vor dem Tauchen.

Nach dem Kontrollammelbrett läuft das Cordgewebe über eine Anzahl polierter Dorne zu einem Expansionskamm zur Erzielung einer bestimmten Breite (Abb. 400 und 401).

Nach dem Verlassen des Kammes läuft das Cordgewebe über eine Anzahl dampfgeheizter verkupfelter Trommeln, durch die das Gewebe getrocknet und erwärmt wird.

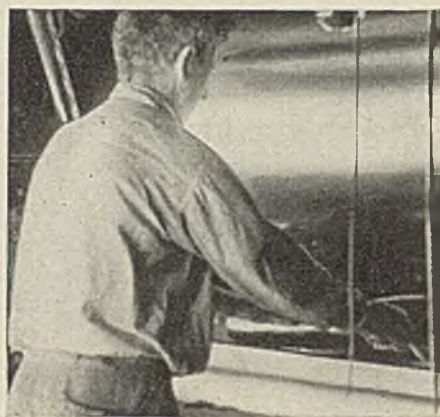
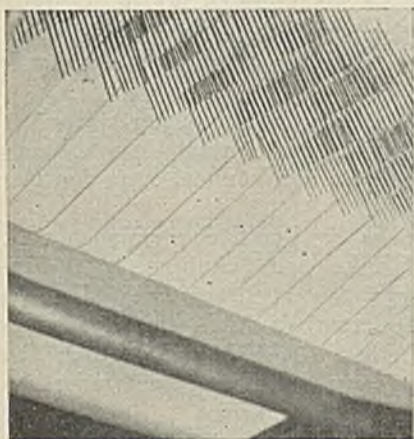


Abb. 402. Einrichtung zur Erzielung der richtigen Cordfädenverteilung

Abb. 403. Einlegen des Gummimaterials in den Kalandrier für schußlosen Cord

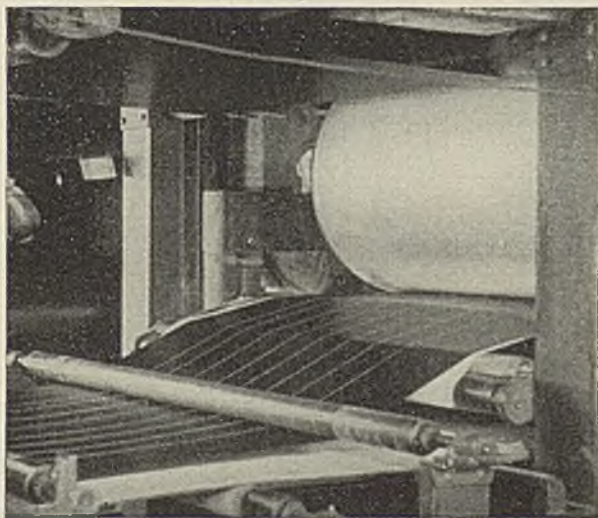


Abb. 404. Kalandrier mit Aufwickelvorrichtung für schußlosen Cord

Die Einrichtung zur richtigen Verteilung der Cordfäden ist am Kalandrierahmen montiert, und zwar unmittelbar hinter der mittleren Kalandrierwalze. Sie besteht aus einem Expansionskamm, einem Verteilerdorn und einer Preßwalze, die alle an einer horizontal verstellbaren Führung montiert sind. Wenn die Cordfäden unter der Preßwalze durch-



laufen, wird die Gummiplatte auf die richtig verteilten Fadenlagen von der Mittelwalze aufgepreßt (Abb. 402).

Die Kalandertype hat vier Walzen, und zwar drei übereinanderliegende und eine oberste vorgebaute vierte Walze. Die vierte Walze und die Mittelrolle bilden die Gummiplatte an der obersten Walze, während die mittlere und untere Walze eine Gummiplatte an der Mittelwalze bilden. Der Kalanders ist mit den gebräuchlichen Stärken- und Temperaturmeßapparaten ausgestattet (Abb. 403).

Nach dem Verlassen des Kalanders läuft das frischgummierte Gewebe auf einem endlosen Laufband zur Aufwickelvorrichtung, die so konstruiert ist, daß die Rollen ausgewechselt werden können, ohne den Kalanders abzustellen (Abb. 404).

Bei der Verarbeitung des Lenogewebes für Laufflächeneinlagen wird dasselbe manchmal verzerrt, d. h. der Winkel vom Schuß zur Kette verändert, entsprechend bestimmten Bedingungen im Reifen. Dies geschieht beim Passieren des Gewebes durch das Latexbad durch eine Spannvorrichtung, die das Gewebe auf einer Seite zurückhält und dadurch den Winkel verdreht. Das Gewebe wird dann getrocknet, entweder am Vierwalzen- oder Dreiwalzen-Kalandertrain kalandriert.

Es ist dem Autor eine angenehme Pflicht, hier feststellen zu dürfen, daß ihn die folgenden Mitarbeiter der Goodyear-Entwicklungsabteilung in der Bearbeitung dieser Abhandlung wertvoll unterstützten, und zwar die Herren Eberhard, Evans, Freeman, Hoesly, Fielding, Vickers, Boyce, Dugan, Solliday, Sanderson und insbesondere Herr R. T. Howes, ohne deren Beihilfe die Bearbeitung nicht möglich gewesen wäre.

## VIII. Anhang

VON DIR. ING. L. HERZL, TRAIKIRCHEN, N.-O.

Eine Ergänzung der »Technologie des Gummireifens« von R. P. Dinsmore soll nur bezüglich zweier Kapitel vorgenommen werden.

1. Schienentriebwagen mit Gummibereifung.
2. Hochelastische Vollgummireifen.

### 1. Schienentriebwagen mit Gummibereifung

Den ersten Pneumatikschienenreifen brachte Michelin, diese Konstruktion ist von Dinsmore ausführlich beschrieben worden.

Die Fahrzeuge dieser Firma wurden als »Micheline« bezeichnet, sie bieten wesentliche Vorteile gegenüber den eisenbereiften Triebwagen. Bei diesem System läuft der Luftreifen unmittelbar auf den Schienen und ist daher die Größe des Luftreifens als Funktion der Auflagefläche auf dem Schienenkopf begrenzt. Da die Größe des Luftreifens auch die Tragfähigkeit bestimmt, ergab sich die Notwendigkeit, die Anzahl der Wagenachsen und daher auch der Laufräder zu vergrößern.

Der Ende 1932 konstruierte Austro-Daimler-Triebwagen löst das Problem der Luftbereifung für Eisenbahnfahrzeuge in anderer Weise, und zwar durch eine Doppelradkonstruktion. Dieselbe besteht im wesent-

lichen aus einem Führungsrad aus Stahl mit normalem Spurkranzprofil (Abb. 405).

In diesem Rad läuft das angetriebene pneumatikbereifte Tragrad. Diese Tragräder sitzen auf den Achsen des Fahrgestells, die gegen den Hauptrahmen des Fahrzeuges in üblicher Weise mit reichlich dimensionierten Blattfedern abgefedert sind (Abb. 406).

Die Führungsräder sitzen auf einer in Kugellagern gelagerten Hohlachse, die lediglich als Führungsachse dient und durch die Seitensteifigkeit des Luftreifens die Seitenstöße dämpft, die schließlich durch Gummipuffer begrenzt werden (Abb. 407 und 408).

Ein bedeutender Vorteil dieser Konstruktion ist der, daß die Pneumatiks auf einer vollständig glatten und ununterbrochenen kreisrunden Zylinderfläche, sozusagen auf einer rollenden Straße, laufen, wodurch Pneumatikdefekte so gut wie ausgeschlossen sind. Außerdem ermöglicht die Konstruktion

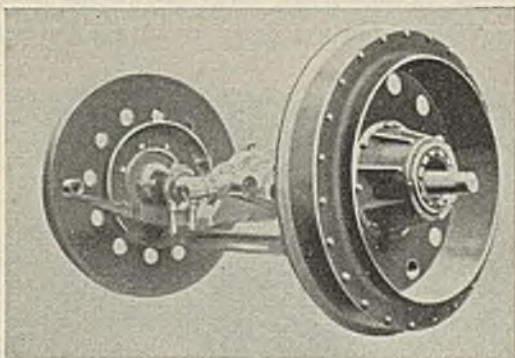


Abb. 405. Schienenlaufräder (Führungsräder)  
(Austro-Daimler)

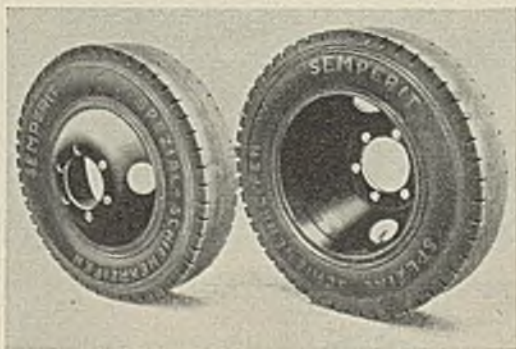


Abb. 406. Pneumatikräder (Tragräder)  
(„Semperitwerke“, Werk Traiskirchen, N.-Ö.)

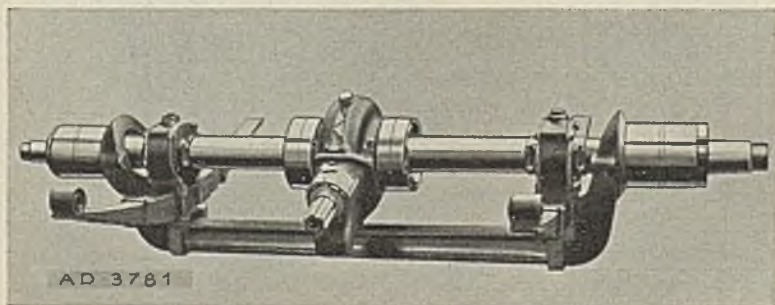


Abb. 407. Tragachse mit Führungsachse  
(Austro-Daimler A.G., Werk Neustadt, N.-Ö.)



mit vollkommen entlüfteten Reifen ungehindert und ganz gefahrlos weite Strecken zurückzulegen, wobei der Pneumatikreifen nicht beschädigt wird.

Die Führungsachse trägt nämlich im normalen Betriebe nicht, sondern vorübergehend nur dann, wenn der Luftreifen aus irgendeinem Grunde entlüftet wird. Dann setzt sich das Lager- und Federgehäuse der Tragachse auf die Führungsachse auf und überträgt die Wagenlast direkt auf die Führungsachse und die Führungsräder.

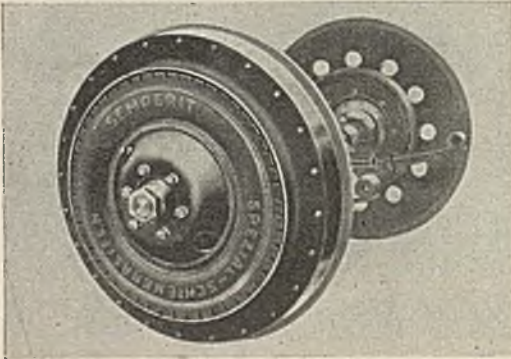


Abb. 408. Kompletter Radsatz des Austro-Daimler-Schienentriebwagens mit „Semperit“-Spezialreifen

Die für diese Konstruktion verwendeten Pneumatikreifen sind je nach den Wagentypen mit 2500 bis 3500 kg belastet. Infolge der Einspannung in den Führungsradern um einen großen Teil des Umfangs, kann das Reifen-

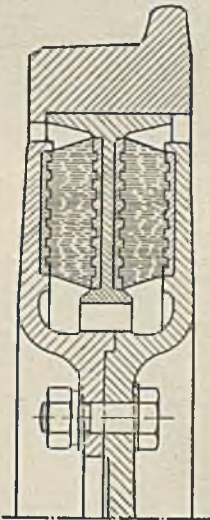


Abb. 409. Schnitt zu Abb. 410 (Deutsche Waggonfabrik A.-G., Uerdingen)

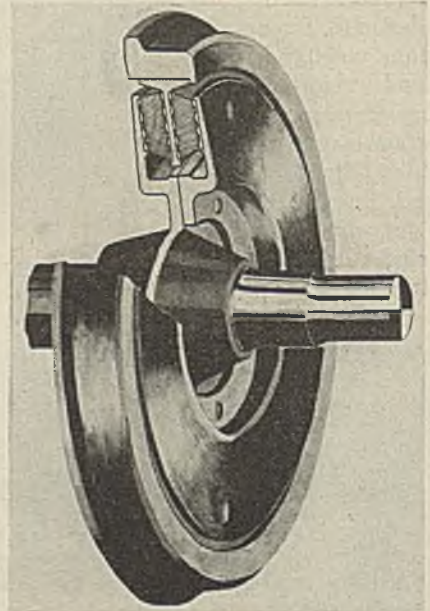


Abb. 410. Gummigefederter Radsatz (Deutsche Waggonfabrik A.-G., Uerdingen)

profil verhältnismäßig klein gewählt werden. Die ersten Schienenreifen für die Austro-Daimlerkonstruktion erzeugten die Österreichischen Semperitwerke auf Grund praktischer Erprobungen durch Wahl besonderer elastischer Einlagenstoffe. Der Profilquerschnitt dieser Reifen entspricht ungefähr den Größen 7.00 bis 7.50 mit 8 bis 10 Einlagen, wobei eine glatte, breite Lauffläche gewählt wurde.

Der Antrieb bei den verschiedenen Wagentypen erfolgt durch einen 80-PS-Sechszylinder-Benzinmotor, die Kraftübertragung auf die Triebachse erfolgt über ein vierstufiges Getriebe mit zwei sehr geräuschlosen Gängen.

Wagen dieser Bauart sind seit Ende 1932 in größerer Anzahl auf den österreichischen Bundesbahnen, vereinzelt Probewagen in verschiedenen Ländern Europas und auch in Amerika in Betrieb.



Abb. 411. Schienentriebwagen der Deutschen Waggonfabrik A.-G., Uerdingen

**Gummigefederte Radsätze.** Die Deutsche Waggonfabrik A.-G., Uerdingen (Niederrhein), bringt eine neue Leichttriebwagenkonstruktion durch gummigefederte Radsätze. Bei dieser Konstruktion, die durch Patent geschützt ist, werden Gummiringe zwischen Radreifen und Radsternen eingeschaltet. Aus Abb. 409 und 410 ist die Konstruktion ersichtlich.

Zwei seitlich befestigte Gummiringe werden durch einen I-Eisenkranz gegen die Bandagen abgestützt. Dabei ist die Radscheibe mit der darauf aufgeschraubten Gegenscheibe kammartig angeordnet, um die vertikale Federung der Gummiringe aufnehmen zu können.

Je nach Wunsch läßt sich durch entsprechende Bemessung der Gummihärten sowohl eine schwächere als auch eine stärkere Federung (bis zu 10 mm) erreichen, wobei eine Abfederung in horizontaler Richtung stets nur in geringerem Maße stattfindet, so daß volle Betriebssicherheit gewährleistet ist.

Als wesentliches Merkmal der Uerdinger Gummiabfederung ist die besondere Vorspannung des Gummis in der Achsrichtung anzusprechen.



Hierdurch werden die unter Scherbeanspruchung auftretenden Zugspannungen durch Druckspannungen ausgeglichen.

Bei den Frankfurter Straßenbahnen wurden ausgedehnte Versuche mit der Konstruktion Uerdingen durchgeführt. Eine beachtenswerte Abhandlung über Gummi in Rädern für Schienenfahrzeuge ist in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. 77, Nr. 35 von Dr.-Ing. Ph. K r e m e r und Dr. phil. G. R e u t h i n g e r erschienen, die auch die Uerdinger Konstruktion behandelt. Der gummithechnische Teil der Uerdinger Konstruktion wurde im Einvernehmen mit der C o n t i n e n t a l C a o u t c h o u c C o m p a g n i e, Hannover, gelöst.

## 2. Hochelastische Vollgummireifen

Es sollen hier in Kürze noch jene Typen angeführt werden, die hauptsächlich in Europa bekannt und beliebt sind und in der Abhandlung von D i n s m o r e nicht erscheinen.

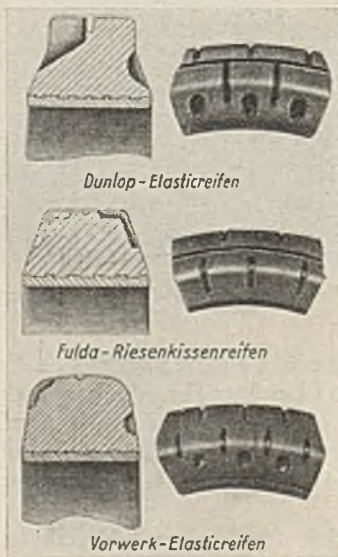


Abb. 412. Verschiedene Typen hochelastischer Vollgummireifen



Abb. 413. Verschiedene Typen hochelastischer Polster-Vollgummireifen

Der Dunlop-Elasticreifen, der Fulda-Riesenkissenreifen und der Vorwerk-Elasticreifen stellen im wesentlichen Massivreifen mit hohem Profilquerschnitt dar, bei denen die größere Elastizität sowohl durch diese Höhe als auch durch seitliche Ausnehmungen im Reifen erreicht wird (siehe Abb. 412).

Der Goodyear-Polster-Vollgummireifen (Abb. 413) wurde bereits von

D i n s m o r e erwähnt, mit Rücksicht auf seine besondere Beliebtheit ist derselbe zusammen mit dem Firestone-Nonskid-Reifen und Firestone-Polster-Reifen R M C nochmals abgebildet. Letzterer stellt einen hochelastischen Massivreifen dar, der auf eine abnehmbare Felge montiert wird, also nicht am Stahlband anvulkanisiert ist.

Hochelastische Vollgummireifen mit Hohlräumen im Innern sind in Abb. 414 veranschaulicht.

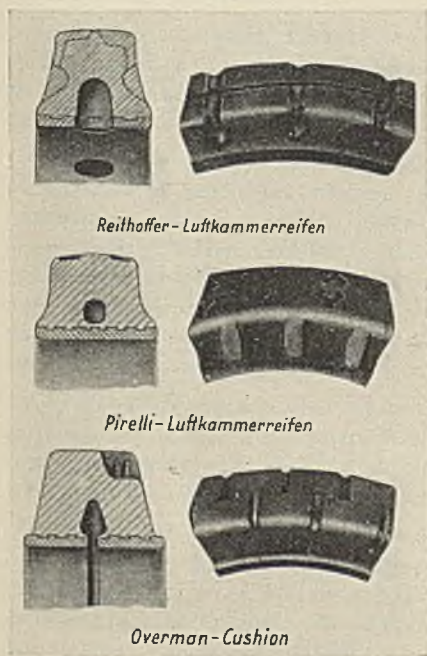


Abb. 414. Verschiedene Typen hochelastischer Vollgummireifen mit Hohlräumen im Innern

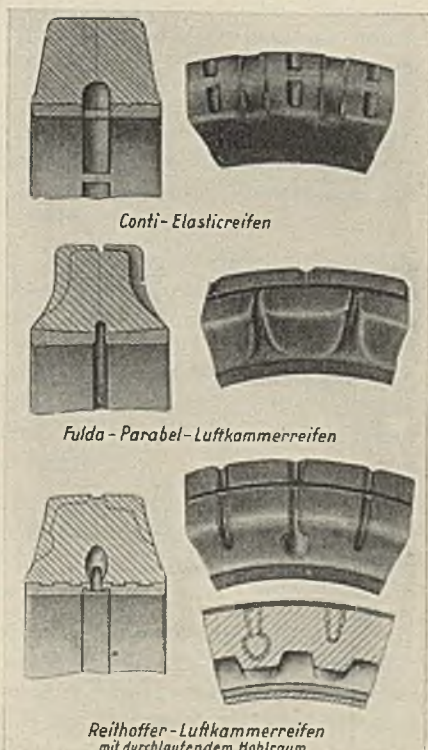


Abb. 415. Luftkammer-Reifentypen mit durchlaufendem Hohlraum

Der Reithoffer-Luftkammerreifen, der speziell in Österreich, wo derselbe auch hergestellt wird, stark in Verwendung ist, benutzt neben seitlichen Aussparungen auch örtliche Hohlräume im Innern.

Der Pirelli-Luftkammer-Reifen und der Overman-Cushion-Reifen haben durchlaufende Hohlräume in der Nähe der Reifenbasis.

Während Pirelli den Hohlraum auf einem einteiligen Stahlband erzeugt, benutzt Overman zwei Stahlbänder nebeneinander.

Weitere interessante Ausführungen in ähnlicher Konstruktion sind die in Abb. 415 abgebildeten Conti-Elasticreifen, der Fulda-Parabel-Luftkammerreifen und der Reithoffer-Luftkammerreifen mit durchlaufendem Hohlraum.





# DIE VERWENDUNG VON GUMMI BEI EISEN- BAHNFahrZEUGEN<sup>1</sup>

VON COLIN MACBETH, (M. I. A. E.; M. S. A. E.; F. I. R. I.) / BIRMINGHAM / ENGLAND

Ein eingehendes Studium der bei den britischen, französischen und amerikanischen Eisenbahnen geübten Praxis hat erhebliche Meinungsverschiedenheiten der Ingenieure in bezug auf die Stellen, an denen Gummi gegenüber anderen Baustoffen bevorzugt Anwendung finden sollte, zutage gefördert.

So haben namhafte Eisenbahngesellschaften nach eingehenden Versuchen, Gummi an einer Stelle ohne Bedenken zur Anwendung gebracht, an der eine nicht weniger bedeutende Gesellschaft seine Verwendung aus dem einen oder anderen Grunde für unzweckmäßig erachtet.

Es ist aber doch selbstverständlich, daß in der Mehrzahl der Fälle Möglichkeiten vorliegen müssen, um den Eisenbahnfachmann davon zu überzeugen, daß Gummi für einen bestimmten Zweck die Forderungen aller Gesellschaften erfüllen könnte, selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß einwandfreie Ware geliefert und sachgemäß angewandt wird. Diese Auffassung wird noch dadurch bestärkt, daß die Verhältnisse der Haupteisenbahnlinien auf der ganzen Welt in mäßigem Klima keine sehr großen Schwankungen aufweisen dürften.

Die Verwendung von Gummi bei Eisenbahnfahrzeugen hat ihre größte Entwicklung in Großbritannien gefunden, was auf die ausgedehnte Erfahrung zurückzuführen ist, die sich einzelne Gummifabriken in Zusammenarbeit mit Eisenbahningenieuren angeeignet haben.

Die Eisenbahnen verwenden heute noch in Personenwagen eine größere Menge Gummi als in dem gesamten anderen Wagenpark. Bei dem von der L. M. & R. L. Y. Co. standardisierten 39-t-Personenwagen, der als Beispiel heute sehr bekannt ist, werden 608 lbs. Gummi angewandt, obwohl bei diesem Wagen bei weitem nicht überall dort Gummi benutzt worden ist, wo andere Gesellschaften seine Verwendung als vorteilhaft bewiesen haben.

## Bestimmung der Anwendungsstellen

Es ist vielleicht von Interesse, das Beispiel des L. M. & S.-Wagens heranzuziehen und die Stellen aufzuzählen, an denen Gummi Anwendung findet. Dies ist aus Tabelle I ersichtlich.

Deutsche Eisenbahningenieure können dieses Beispiel mit ihren eigenen Anwendungen von Gummi vergleichen und in Anpassung an ihre besonderen Betriebsverhältnisse Abänderungen treffen, beispielsweise in bezug auf Brems- und Beleuchtungssysteme sowie Fahrzeuggewichte.

---

<sup>1</sup> Übersetzt von E. A. Hauser und Reichsbahnrat G. Wiens, Berlin



Tabelle 1

Unterteilung	Gegenstand	Stückzahl	Einzelgewicht	Gesamtgewicht		
				lbs* ozs**	lbs	
Aufhängung Zugvorrichtung Stoßvorrichtung	Hilfstragfedern	48	3 lbs		144	
	Konzentrische Ringe	6	7 lbs		42	
	Konzentrische Ringe	40	3 lbs	120		
		8	6 lbs	48		
Luftsaugbremse	Luftschlauch	1 1/2 ft***	7 1/2 ozs je ft	0 13	168	
	Kolbenstangendichtung	2	1 1/2 ozs	0 3		
	Kupplungsschlauch für Luftsaugbremse	2	3 1/4 lbs	6 8		
	Bremsventildichtungen					
	5 1/2 Zoll	1	3/4 oz	0 0,75		
	5 1/2 Zoll 2 13/16 Zoll	1	1/2 oz	0 0,50		
	Dichtungsring	2	1 1/2 ozs	0 3		
	Kolben-Walzringe	2	6 ozs	0 12		
	Dichtungsscheiben	2	1/2 oz	0 1		
	Scheiben	2	1/4 oz	0 0,50		
	Luftkupplung- Dichtungsringe	2	1 oz	0 2		
	Ventilscheibe	1	3/4 oz	0 0,75		
				rund		9
	Heizung	1 Zoll Verbindungsschlauch	8 ft	6 ozs je ft		3 0
5/8 Zoll Verbindungsschlauch		20 ft	4 ozs je ft	5 0		
1 1/4 Zoll Verbindungsschlauch		6 Zoll	5 1/2 ozs je ft	0 2,75		
Heizschlauch		2	2 lbs 7 ozs	4 14		
Schlauchkupplung		2	1 oz	0 2		
Dichtungsringe		2	1 1/2 oz	0 0,66		
			rund	13		
Abdichtungen	Ovale Dichtungsringe	52	1 lb 1 oz	55 4		
	Runde Dichtungsringe	32	4 ozs	8 0		
	Runde Dichtungsringe	12	2 1/2 ozs	1 12		
				rund	65	
Durchgang Türen	Läufer	2	7 lbs 4 ozs		14,50	
	Türpuffer	11	152 je lb	0 11		
		11	3/4 oz	0 8		
		24	88 je lb	0 4		
			rund	1,50		
Aborte	Leibstuhl-Dichtungsringe	1	3 1/2 ozs	0 3,50		
	Dichtungsringe für Wasserbehälter- Einfülltrichter	1	3/4 oz	0 0,75		
	Bodenbelag	1	18 lbs 11 1/4 ozs	18 11,25	19	
Beleuchtung	Kabel und Leitungen	2.180 ft	124 lbs 3 ozs	124,25		
	Akkumulator-Polsterplatte	1	1 lb 5 ozs	1,25		
Fenster	Rahmen-Auflage	34	1 1/2 ozs	3 3	125,50	
	Dichtungsbänder	100 ft	1 1/2 oz je ft	3 3	6,50	
				Insges. rd.	608 lbs	

\* 1 lb = 453,59 g (lb = liber = engl. Pfund)

\*\* 1 oz = 28,35 g (oz = ounce = Unze)

\*\*\* 1 ft = 30,48 cm (ft = foot = Fuß)

Im einzelnen betrachtet ergibt sich folgende Anwendung des Gummi:

Zug- und Stoßvorrichtungen	210 lbs.	34,53%
Federn	144 "	23,68%
Bremse	9 "	1,48%
Heizung	13 "	2,13%
Wagenkastenaufbau	106,5 "	17,51%
Beleuchtung	125,5 "	20,64%

Wenn man die wesentlichen Anwendungspunkte bei der L. M. & S. betrachtet, so treten die folgenden besonders hervor:

### Gummifedern der Zugvorrichtung

Hier finden je Wagen etwa 42 lbs. Anwendung. Dies reicht aus, um die erforderliche Nachgiebigkeit bei verschiedenen Belastungen der Zugvorrichtung zu ergeben. Die Anordnung ist sehr einfach (Abb. 416).

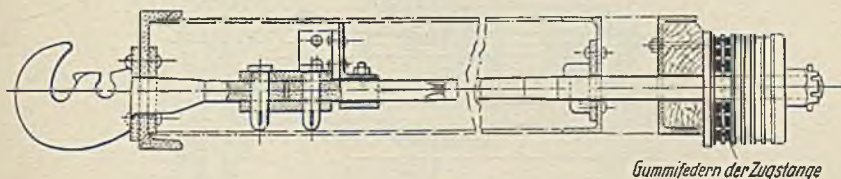


Abb. 416. Englische Zugvorrichtung L. M. & S.-Bahn

### Gummifedern der Puffer

Abb. 417 zeigt die sehr einfache Pufferanordnung vom Verbundtyp mit großer Flächeneinheit zur Aufnahme des Endstoßes, während die kleine Flächeneinheit die normale Arbeitsbelastung und die Stöße beim Rangieren und während der Fahrt aufnimmt.

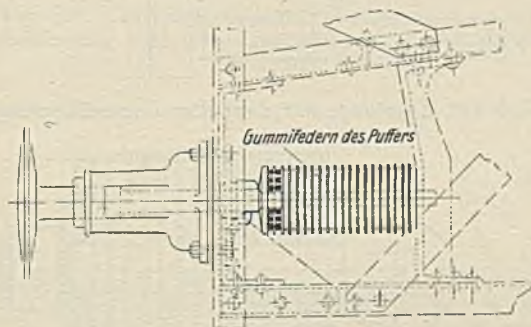


Abb. 417. Gummigefederter Seitenpuffer L. M. & S.-Bahn

Gute Beispiele für die Anwendung von mit Gummi versehenen Zugvorrichtungen sind die folgenden: Abb. 418 zeigt eine englische Zugvorrichtung mit zwei konzentrischen Gummifedern. Diese Anordnung ist für starke Zugbeanspruchung bei mäßiger Zusammendrückung vorgesehen, ebenso wie sie eine nicht unbedeutende seitliche Bewegung des Zughakens gestattet.

Abb. 419 zeigt die Anordnung der französischen Nordbahn bei ihren zweiachsigen 20 t Wagen.

Abb. 420 zeigt die Anordnung der französischen Nordbahn bei Personenwagen in Stahlbauart. In diesem Falle sind Zug- und Stoßvorrichtungen miteinander vereinigt, und es finden Zugfedern mit sehr großem Durchmesser Anwendung. Diese Art der Konstruktion findet den beson-



deren Beifall der Ingenieure, da sie die Belastung über die ganze Zug- und Stoßvorrichtung gut verteilt.

### Zugstangenfedern bei Lokomotiven

sind aus Abb. 421 zu entnehmen. Die L. N. E. R. L. Y. wendet mehrere Gummiringe vorne an (Abb. 422). Die G. W. R. L. Y. wendet einfache

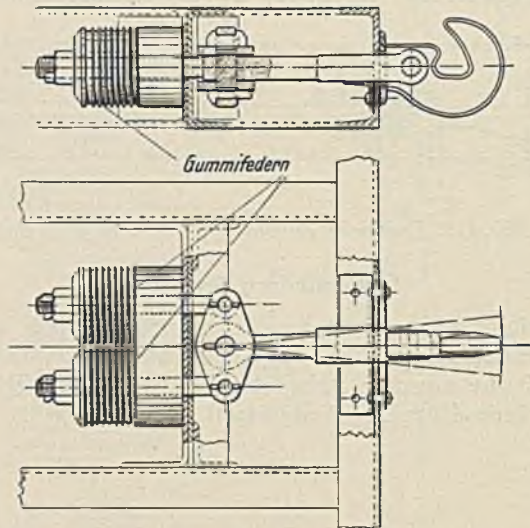


Abb. 418. Zugstange mit doppelter Gummifederung

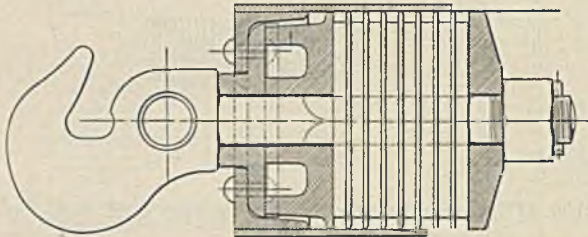


Abb. 419. Zugvorrichtung eines zweiachsigen 20-t-Wagens der französischen Bahn

Gummikissen sowohl vorne wie hinten an (Abbildung 423). Die Hawthorn Leslie Co. benutzt vorne mehrere Gummiringe. Bezüglich Mittelpufferkupplung sei auf Abbildung 424 verwiesen, die die von der Londoner Untergrundbahn benutzte Anordnung zeigt. Diese Fahrzeuge müssen viel scharfe Kurven befahren und in Anbetracht der sehr zahlreichen Haltestellen sehr gut abgedefert sein. Die Zugvorrichtungsfedern wirken auch als Pufferfedern, und man sieht, daß die beiden Zugfedern übereinander angeordnet sind, um den Abstand zwischen den beiden Puffern zu verringern. Abbildung 425 zeigt eine Mittel-

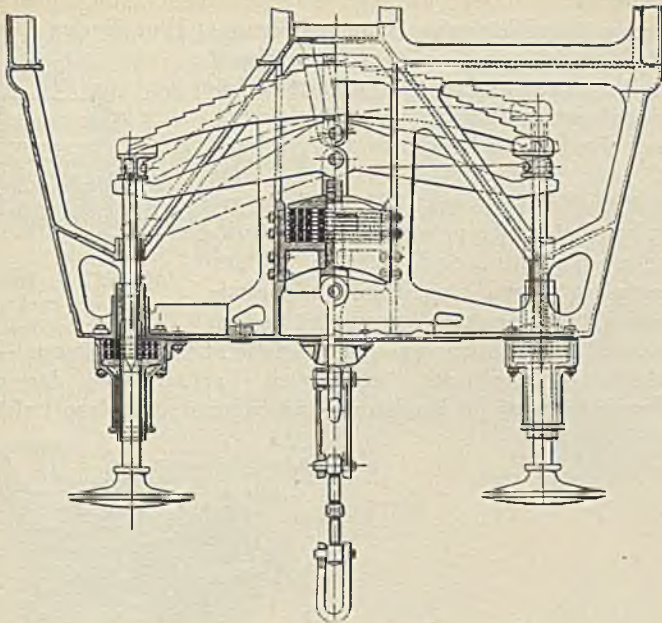
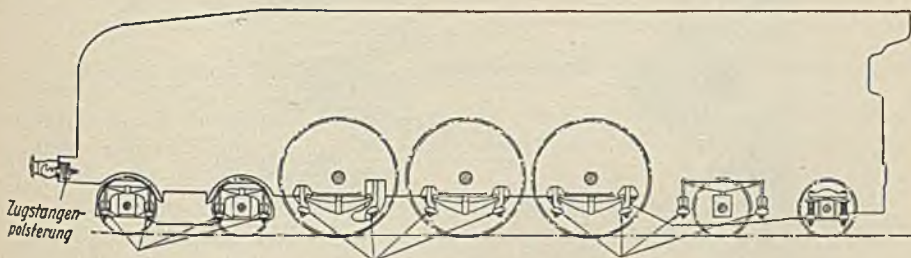
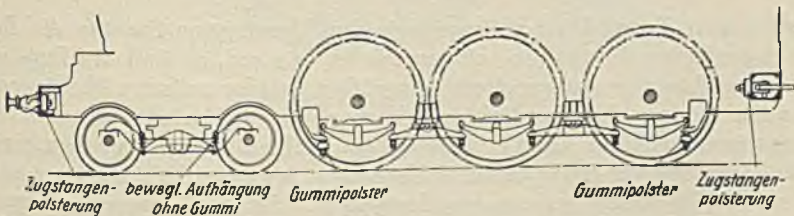


Abb. 420. Vereinigte Zug- und Stoßvorrichtung mit gleichmäßig verteilter Lastaufnahme. Französische Nordbahn



Gummipolster in Pendellaagern

Abb. 421. Hochdruckverbund-Schnellzuglokomotive mit einzeln abgefederten Achsen und in Gummi gelagert



Zugstangenpolsterung    bewagl. Aufhängung ohne Gummi    Gummipolster

Gummipolster    Zugstangenpolsterung

Abb. 422. Schnellzuglokomotive mit Ausgleichfedern und Federn für gekuppelte Achsen, nur an zwei Stellen in Gummi gelagert



pufferkupplung nicht ganz alltäglicher Konstruktion, die eine bekannte, britisch-indische, elektrische Bahn verwendet. Hier finden Druckfedern von angenähert ellipsenförmigem Querschnitt für die Endbelastung und im Querschnitt rechteckige Ringkissen zur Aufnahme seitlicher Belastungen beim Durchfahren von Kurven Anwendung.

Lokomotivpuffer sind aus Abb. 426 zu sehen. Es handelt sich hier um eine Konstruktion von Hawthorn Leslie & Co., bei der viele Gummiringe und eine Rückstoßgummifeder kleinen Durchmessers Anwendung finden.

Es ist selbstverständlich, daß die Konstruktion von Gummi-Zug- und -stoßvorrichtungen sich den besonderen Verhältnissen der einzelnen Eisenbahnen in bezug auf Belastung des Zuges und andere Faktoren an-

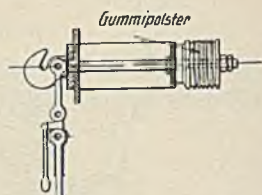


Abb. 423. Lokomotiv-Zugstange und -haken

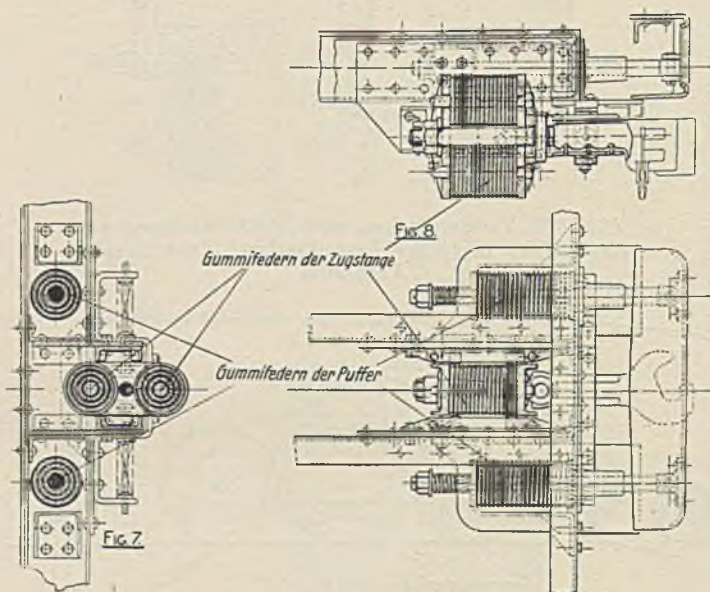


Abb. 424. Mittelpufferkupplung für elektrisch betriebene Fahrzeuge — Untergrundbahn

passen muß. So sind beispielsweise in den Vereinigten Staaten die Züge im allgemeinen dreimal so schwer wie in England, so daß die Zug- und Stoßvorrichtungen entsprechend vergrößert werden müssen. Nichtsdestoweniger konnte bei sorgfältigen Versuchen festgestellt werden, daß Gummipufferausführungen beispielsweise auch auf amerikanischen Eisenbahnlinien im Vergleich zu Stahlfedern außerordentlich wirksam sind. So wurde bei Betriebsversuchen festgestellt, daß das Zusammenkuppeln von Wagen bei Stahlfedern schon bei einer Geschwindigkeit von über 5 Meilen/Stunde gefährlich ist, daß man aber Geschwindigkeiten bis zu

20 Meilen/Stunde bei Anwendung sachgemäß konstruierter Gummipuffer erreichen kann, ohne daß das Fahrzeug merklich beschädigt wird. Eine derartige Benutzung soll selbstverständlich nicht befürwortet werden. Gummifabriken, die sich für den Markt an Eisenbahnbedarf interessieren,

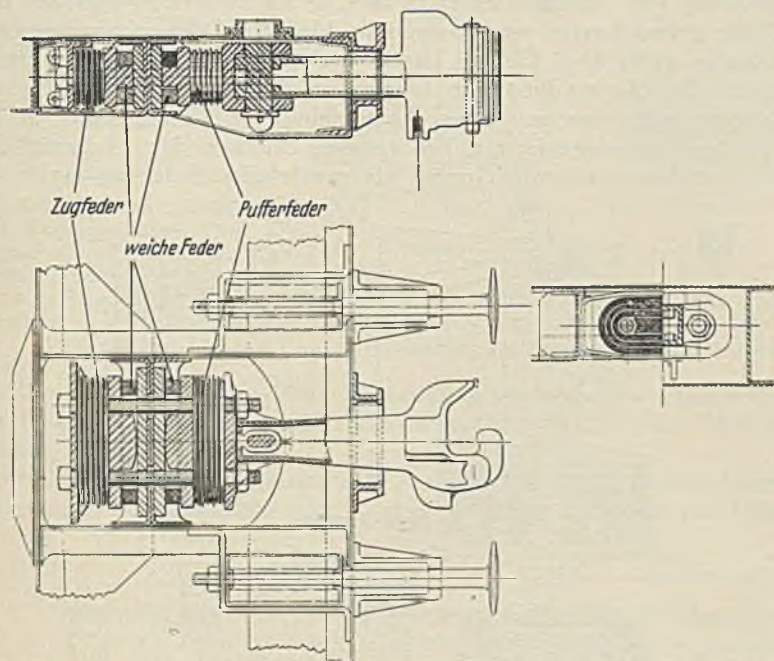


Abb. 425. Mittelpufferkupplung der Britisch-Indischen elektrischen Bahn

dürfen nicht übersehen, daß ein gutes Drittel des von vielen Eisenbahnen angewandten Gummis in den Zug- und Stoßvorrichtungen Anwendung findet.

Es sei aber hier hervorgehoben, daß die Meinung nicht allgemein vertreten ist, daß Gummi-Zug- und Stoßvorrichtungen als zufriedenstellend

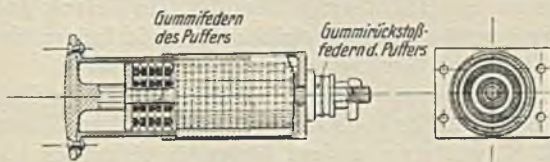


Abb. 426. Lokomotivseitenpuffer

bezeichnet werden können. So haben beispielsweise die L. M. & S. und L. M. E.-Linien Gummi für beide Zwecke festgelegt, wohingegen die wichtigen Linien der G. W. Railroad sowie der Southern Railway für ihre Wagen Stahlfedern verwenden, jedoch für beide Zwecke bei ihren Lokomotiven Gummi vorschlagen.



### Die Verwendung von Gummi in der Federung

Bis heute scheint keine Eisenbahn für ihre Hauptfedern Gummi zu verwenden, da sie diesbezüglich ebenso mißtrauisch ist wie der Kraftwagenkonstrukteur. Das Eisenbahnproblem scheint aber bezüglich der Anwendung von Gummi leichter zu sein, da die Federschwingungen trotz der sehr hohen Lasten verhältnismäßig klein sind. Eisenbahningenieure betrachten dafür aber Gummi immer mehr als zusätzliches Federungselement. Die Anwendung von Gummi in diesem Zusammenhang entspricht ungefähr der modernen Anwendung von Gummilagern an den Enden der Kraftwagenfedern. Ein genaues Studium der diesbezüglichen Anwendungsbeispiele von Gummi als zusätzliche Federung ergibt, daß

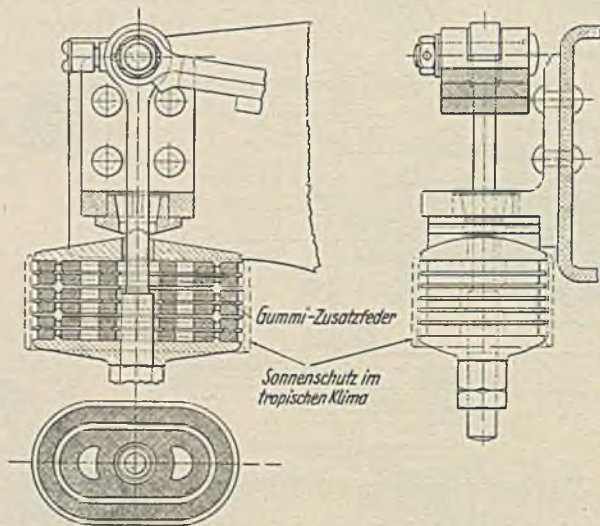


Abb. 427. Zusatzfeder auf jedem Ende der Halbelliptik-Drehgestell-Achsfedern

Eisenbahningenieure den Gummi an den Federenden vielleicht mehr als eine Art Gelenk anwenden, als mit dem Zweck, eine tatsächlich rückstoßende Feder zu erhalten. Gummi benötigt, als Gelenk gedacht, jedenfalls keine Schmierung und dient gleichzeitig, wie kein anderes Material es könnte, als Stoß- und Geräuschkämpfer oder Isolator.

Der L. M. S.-Musterwagen wendet 144 lbs. Gummi an den Federenden an, das sind 23,68% der für ein Fahrzeug angewandten Gummimenge. Sowohl die L. M. S., wie viele andere Linien, ja eigentlich alle englischen Personenwagen, haben zweifellos durch die Anwendung von Gummipolstern als zusätzliche Federung Vorteile erzielt.

Abb. 427 zeigt die Bauart der Untergrundbahn, die eine scharfkantige Wiege oberhalb der Gummipolsteranordnung anwendet. Es ist auch zu bemerken, daß mangels genügenden seitlichen Raumes annähernd ellipsoförmige Polster Anwendung finden. Die scharfkantige Wiege gewährleistet gleichmäßige Belastung der Gummipolster.

Abb. 428 zeigt eine typische Anwendung für englische Wagen oder Tender. Die Gummipolster befinden sich in einem Metallkasten, der sich um eine flache Stützplatte bewegen kann.

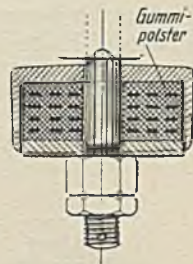
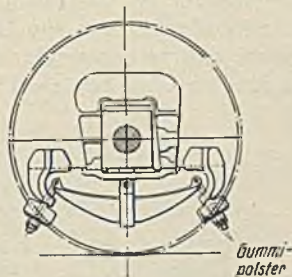
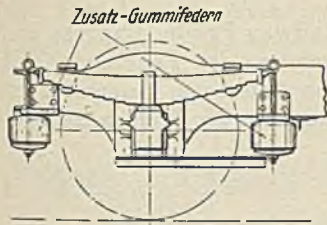


Abb. 428. Typische Anordnung einer Halbelliptikfeder mit Zusatzgummifedern. Allgemein angewandt bei englischen Personenwagen und bei vielen englischen Lokomotiv - Drehgestellen und Tendern

Abb. 429. Lokomotiv-Treibachse, einzeln abgefedert tragend mit Zusatzgummifedern

Abb. 430. Zusatztragfeder für Lokomotivachsen

Abb. 430 zeigt eine typische Anwendung für englische Lokomotiven. Hier bewegen sich die Metallkästen in metallenen scharfkantigen Auflagern.

Abb. 430 zeigt Einzelheiten des in Abb. 428 angewandten Gummipolsters. Die Polster weisen eine Anzahl in sie eingebetteter, perforierter

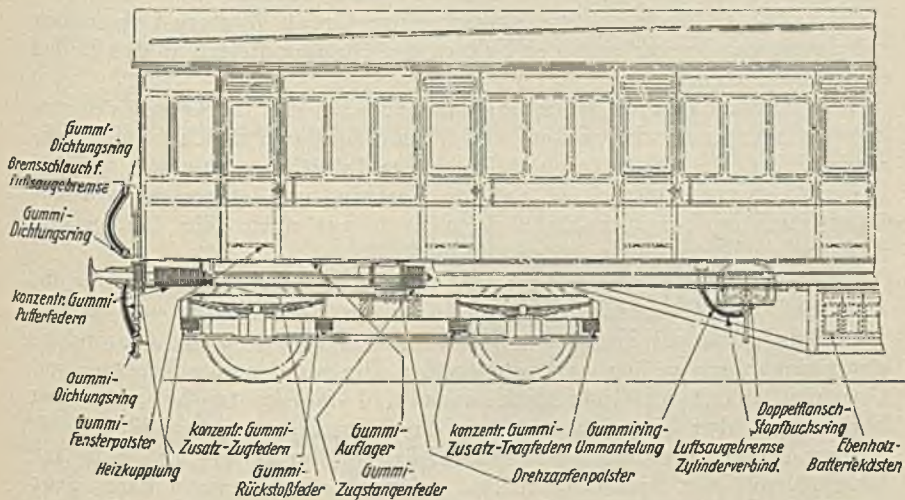


Abb. 431. Gummi in englischen Personenwagen

Metallplatten auf, wodurch bei starker Belastung die örtliche Verlagerung des Gummis begrenzt wird.

Abb. 431 zeigt eine typisch englische Anwendung als zusätzliche Federung. Es liegen hier 16 Anwendungspunkte an den beiden Drehgestellen mit ihren 4 Achsen vor.



Der vielleicht bedeutendste Beweis für den Wert der zusätzlichen Gummifederung ist die nahezu ausschließliche Anwendung von Gummi für diesen Zweck an den neuen englischen Personenzuglokomotiven hoher Geschwindigkeit.

Abb. 432 zeigt die Bauart des Southern Railway Pacific Express und die verschiedenen Anwendungsarten von Gummi an den Federenden. Es sei darauf hingewiesen, daß zwei verschiedene Arten von Gummifedern hier Anwendung finden, um sich den zwei Bauarten der Federenden anzupassen.

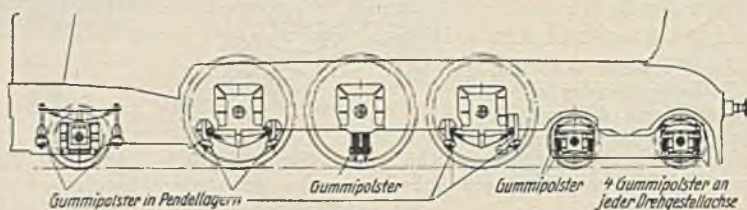


Abb. 432. Pacific Express mit einzeln abgefederten Achsen und zwei Gummipolstern an jeder Feder

Betrachtet man nochmals Abb. 421, so zeigt diese die berühmte Nr. 10 000 der L. M. E. Railway, eine Lokomotive mit Einzelachsabfederung, bei der die Verwendung des Gummi mit dem Beispiel der Südbahn vergleichbar ist.

Abb. 422 zeigt eine ältere Bauart einer Great Western-Lokomotive mit untereinander verbundenen Federn und Gummipolstern an den Enden des Federsystems.

Die Lokomotivführer geben ohne weiteres zu, daß die Gummiverwendung in bezug auf ruhigen Lauf und Vermeidung von Brüchen zu Ergebnissen führt, die sich mit den steiferen Stahlblattfedern niemals erzielen ließen. Selbstverständlich ist, daß die Normung von Gummi an so wichtigen Punkten bei Hauptbahnlokomotiven nur nach sehr langen und mühevollen Versuchen erfolgen konnte.

Studiert man die Verwendung von Gummi bei Eisenbahnen, so ergibt sich, daß jede Gesellschaft das Problem der Verwendung von Gummi vom Standpunkt des Luxus angegriffen hat, so daß wir neue Anwendungen vornehmlich an Luxuszügen antreffen. Die zunehmende Kenntnis und Geschicklichkeit des Gummifachmannes und -fabrikanten hat aber dazu beigetragen, den Eisenbahningenieur davon zu überzeugen, daß er ohne Gummi in Anbetracht seines wirtschaftlichen Wertes und als Mittel zur Verringerung der Erhaltungskosten nicht mehr auskommen kann, ganz abgesehen von seinen Vorzügen in der Erhöhung der Bequemlichkeit der Passagiere.

Demzufolge sehen wir heute, daß die Anwendung von Gummi auch auf dem Gebiete der Güterbeförderung durch Eisenbahnen immer mehr Fuß faßt.

Abb. 433 zeigt den englischen normalisierten R. C. H.-Güterwagen, der mit durchgehender gummigefederter Zugstange und unabhängigen gummi-

gefederten Stoßvorrichtungen ausgestattet ist. Dieses Fahrzeug weist zwar noch keine zusätzliche Gummifederung auf, doch ist anzunehmen, daß die ständig zunehmende Nachfrage nach rascher Güterbeförderung den Eisenbahningenieur in nicht allzulanger Zeit auch zwingen wird,

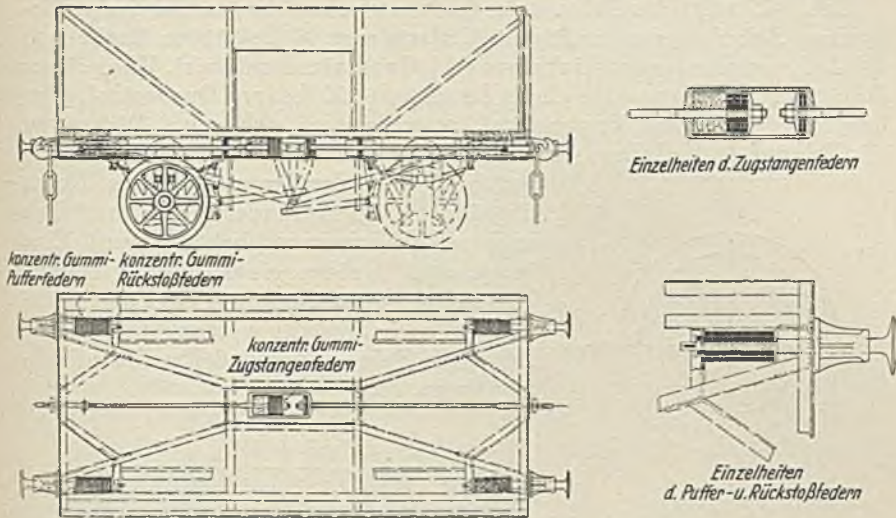


Abb. 433. Gummi in englischen Güterwagen

Gummi zwecks Verringerung der Erhaltungskosten bei seinen Güterzügen anzuwenden.

Abb. 419 sowie Abb. 434 zeigt Gummi in Zug- und Stoßvorrichtungen, wie er heute nach langen Versuchen von der französischen Nordbahn nor-

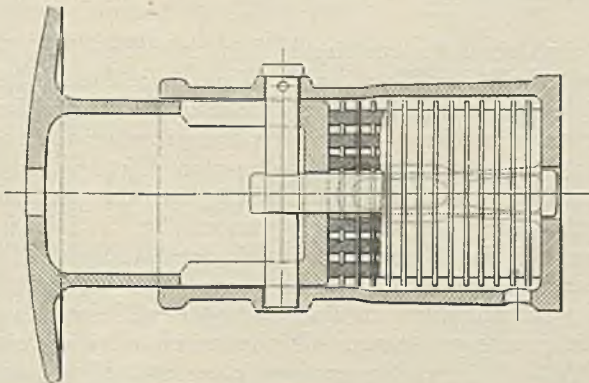


Abb. 434. Puffer an Stahlgüterwagen. Französische Bahn

malisiert ist, nachdem die Versuche die Überlegenheit von Gummi über Stahlfedern eindeutig bewiesen haben.

Nachdem wir die Verwendung von Gummi für Zug- und Stoßvorrichtungen sowie Federsysteme eingehend behandelt haben, scheint es



angebracht, die Frage zu erörtern, warum Gummi an diesen Hauptanwendungspunkten sich so bewährt hat. Es handelt sich hier in der Tat um die Auswertung des heute so gut bekannten Prinzips des konzentrischen Kompressionsringes.

Abb. 435 zeigt das Prinzip des konzentrischen Ringes, der im vorliegenden Beispiel einen mittleren Umfang von 10 Zoll, eine Breite von  $\frac{3}{4}$  Zoll und somit eine Fläche von  $7\frac{1}{2}$  Quadratzoll aufweist. Wird dieser Ring zwischen Platten bei einem Druck von 150 lbs. pro Quadratzoll oder insgesamt 1125 lbs. komprimiert, so verringert sich seine Dicke von  $\frac{7}{8}$  Zoll auf  $\frac{3}{4}$  Zoll. Der oben aufgeführte Druck ist lediglich als Beispiel

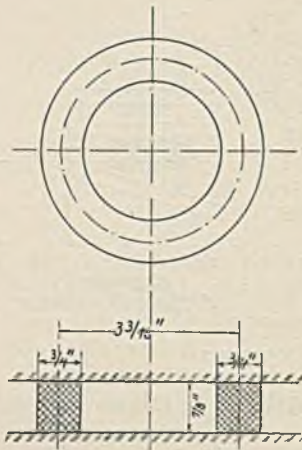


Abb. 435.  
Konzentrischer Gummiring

gegeben. Wird der Querschnitt des Ringes abgeändert, so verändert sich natürlich auch seine Verformung bei Belastung. Eine festgelegte Größe eines konzentrischen Ringes kann durch Änderung der Zusammensetzung so hergestellt werden, daß er verschiedene Belastungen und Drucke aufnehmen kann.

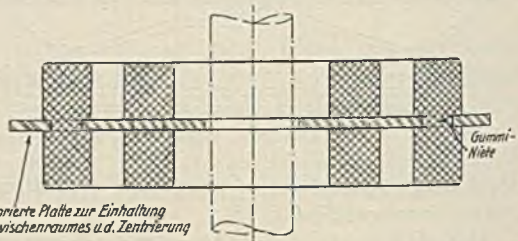


Abb. 436. Konzentrischer Gummiring

Abb. 436 zeigt einen konzentrischen Ring mit doppelten Gummiringen ober- und unterhalb der Metallplatte. Diese Anordnung wirkt wie zwei Ringe an Stelle von einem, wobei die Belastungskapazität im Verhältnis zu der Oberflächenzunahme wächst. Die Kompression unter der erhöhten Last wird infolge der übereinandergelagerten Ringe verdoppelt. Wenn man zwischen dem oberen und unteren Ringpaar eine perforierte Metallplatte einbettet, kann der Gummi gewissermaßen in seiner Lage stabilisiert werden. Die Durchbohrungen sind in der Metallplatte in geeigneten Zwischenräumen angebracht, um die oberen und unteren Ringe sozusagen durch »Gumminieten« zu einer homogenen Masse zu vereinigen. In der Praxis ist es schwer, getrennte Einheiten in genau senkrechter Richtung zu halten, selbst bei Verwendung eines zentral angeordneten Metallstabes. Wenn aber die senkrechte Richtung nicht einwandfrei vorhanden ist, werden die benachbarten Flächen miteinander nicht richtig in Berührung kommen, wodurch erhebliche Verformung und Oberflächenreibung sich ergeben können.

Wird mehr als ein konzentrischer Ring angewandt, so finden besondere Zwischenplatten Anwendung, wie in Abb. 416 und 417 zu sehen ist.

Diese Zwischenplatten können entweder flach sein oder aber auch, wie aus Abb. 427 ersichtlich, abstandhaltende Halbflansche aufweisen. Die letzteren finden vornehmlich dann Anwendung, wenn es sich um ovale, rechteckige oder angenähert ellipsenförmige Polster handelt, da diese Bauarten eine zusätzliche Ausrichtung aller Teile fordern.

Da dem Verfasser keine Veröffentlichungen über das Verhalten konzentrischer Gummifedern bei verschiedener Belastung bekannt waren,

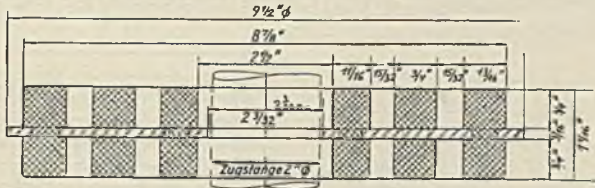


Abb. 437. Gummifeder für Zugvorrichtung

wurden eine Anzahl Versuche ausgeführt. Diese Versuche hatten den Zweck, unter Berücksichtigung der an englischen Eisenbahnen im allgemeinen angewandten konzentrischen Ringe folgendes zu ermitteln.

- Belastete Fläche des Gummis unter gewöhnlichen und größten Betriebsbeanspruchungen
- Kompression unter gewöhnlicher und größter Arbeitslast
- Örtliche Verformung des Gummis unter gewöhnlichen und höchsten Lasten

Diese Versuche wurden mit den gewöhnlichen und größten Belastungen, wie sie die Eisenbahngesellschaften verlangen, sowie unter ganz außergewöhnlichen, von einzelnen Gesellschaften geforderten Bedingungen durchgeführt. In letzterem Falle werden die Einheiten auf die Hälfte ihrer freien Stärke komprimiert. Mitunter wird verlangt, daß bei einem derartigen Versuch die bleibende Verformung nach 48stündiger Kompression nicht mehr als 5% betragen darf. Sämtliche Versuche wurden an in Abb. 437 veranschaulichten Ringen ausgeführt. Es handelt sich um eine aus drei Federringen bestehende Einheit, wie sie für Zugvorrichtungen an Personenwagen Anwendung findet.



Abb. 438. Belastungs-Kompressionskurve eines einfachen konzentrischen Ringes

Abb. 438 zeigt die Belastungs-Kompressionskurve für den äußeren Ringumfang im Verhältnis zum äußeren Umfang des Metallringes von der Belastung 0 bis zu einer Überbelastung von 300%. Es ergibt sich das Folgende:

- Nach Erreichung einer Normalbelastung von 3 t nimmt der Anstieg der Kompression bei zunehmender Belastung relativ ab
- Erst bei höheren Belastungen tritt ein Gleiten des Gummis über das Metall auf, wodurch örtliche Abnutzung verursacht werden würde



Da derartige Belastungen nur selten vorkommen, dürften sie infolge örtlicher Abnutzung kaum zu Anständen führen. Die erste Erscheinung ist auch in den Abb. 439 und 440 veranschaulicht. Gleichgültig aus wieviel Ringen die Feder gebildet ist, gilt dieses Gesetz, das darauf beruht, daß der Gummi sich auf den Platten ausweitet und sich außerdem an den Seiten ausbaucht. Von einer graphischen Darstellung von Belastungen bis zu 45 t wurde abgesehen, da derartige Versuche nur an Ringen vorgenommen werden sollten, deren Gesamtanordnung so ist, daß sie in

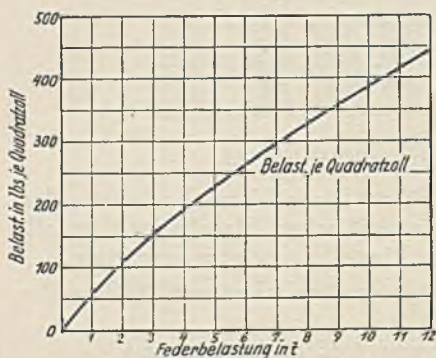


Abb. 439. Belastungs-Kompressionskurven von Gummifedern

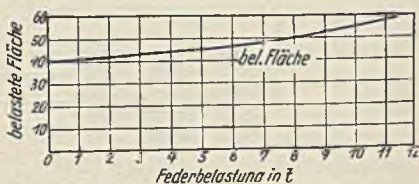


Abb. 440. Belastungs-Kompressionskurven von Gummifedern

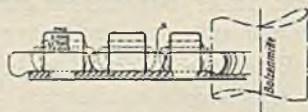


Abb. 441. Querschnitt durch die Verformung von konzentrischen Gummiringen

ihrer Lage festgehalten werden. Die folgenden Zahlen dürften aber dennoch von Interesse sein.

	Belastete Fläche Zoll	Last pro Quadrat Zoll lbs	Kompression Zoll	Kompression %
ohne Belastung	40,8			
3 t	44,86	151	0,322	20,6
12 t	60,84	441	0,599	38,3
45 t	82,8	1218	0,7812	50,0

Abb. 441 zeigt im Querschnitt die Verformung von drei konzentrischen Gummiringen unter verschiedener Belastung bis zu 1500% Überlastung. Wie man sieht, tritt bis zu 300% noch keine Berührung von Gummi mit Gummi im Punkte »X« auf, so daß jeder Ring sich infolge senkrechter Belastung seitlich noch frei ausdehnen kann. Es ist selbstverständlich, daß bei einer Belastung von 45 t (1500% Überbelastung) der nicht festgehaltene Umfang der äußeren und inneren Ringe übermäßig verformt wird. Wäre ein zentraler Stab und eine äußere Umhüllung vorhanden gewesen, so wäre eine derartige örtliche Verformung verhindert worden. Die drei Ringe würden eine gleichmäßige Belastung erfahren haben, das Polster wäre aber dann auch noch nicht auf die Hälfte seiner freien Stärke komprimiert worden.

Abb. 442 zeigt die Kompressionswirkung an einer Reihe von acht gleichen Ringen, die bis zu 300% überbelastet wurden. Aus einer Be-

trachtung der Abb. 443 geht ohne weiteres hervor, daß man zur Erzielung einer anderen Kompressionskurve bei Anwendung von Ringen ähnlicher Belastungskapazität die Anzahl der Ringe abändern muß.

Um die Kompressibilität eines Gummiringes von gegebenem Durchmesser, Breite und belasteter Fläche zu erhöhen, könnte die Höhe der einzelnen Ringe vergrößert werden. Dies würde aber sofort die Tragfähigkeit jedes Ringes verringern, da dieser mit den benachbarten Ringen schon bei viel geringerer Belastung in Berührung käme als bei Anwendung normal proportionierter Ringe. Ihre Lebensdauer im Betrieb würde hierdurch erheblich beeinflußt werden. Es wäre daher sehr zu wünschen,

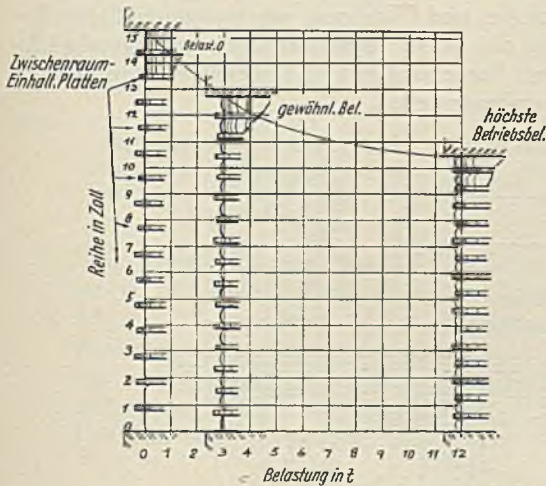


Abb. 442. Graphische Darstellung der Zusammen- und Druckung einer Reihe von Ringen unter wechselnden Belastungen

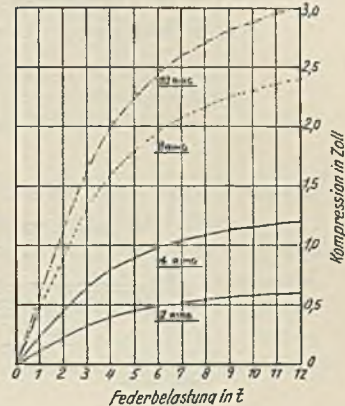


Abb. 443. Belastungs-Kompressionskurven von Gummifedern

daß die Eisenbahningenieure bei Aufgabe einer Bestellung genau festlegen, welche Art von Ringen sie benötigen, unter gleichzeitiger Angabe eines bestimmten Verhältnisses der Höhe zur Breite und der zwischen den Ringen vorgesehenen Zwischenräume, es soll sich tunlichst um Daten handeln, die durch lange Erfahrung sich als zufriedenstellend erwiesen haben.

Es scheint heute bereits eine große Anzahl von Ringquerschnitten und Durchmessern verfügbar zu sein, deren geeignetste Abmessungen für eine gegebene Belastung pro Zoll des Umfangs und für eine gegebene Kompression feststellbar sind. Die Gummifabriken sollen sich mit den Eisenbahningenieuren über genormte Daten für Belastung und für Kompression, die jedem verschieden genormten Ring und Querschnitt zukommt, einigen, so daß die Ingenieure unbedenklich die einzelnen Abmessungen festlegen können, die sich den Erfordernissen für die verschiedenen Anwendungsstellen des Wagenparkes am besten anpassen.

Es soll nicht behauptet werden, daß die hier gegebenen Einzelheiten dem erfahrenen Fabrikanten von Eisenbahngummiwaren einen neuen Ge-



sichtspunkt eröffnen, zumal nur die übliche Anwendung der Gummiabfederung besprochen wurde. Dennoch mögen diese Ausführungen für manchen, der keine Unterlagen zur Verfügung hat, als Fingerzeig für die erfolgreiche Anwendung der Gummikompressionsabfederung dienen.

### Zusammenfassung der zweckmäßigen Anwendungsgebiete von Gummi bei Eisenbahnfahrzeugen

Im folgenden sei eine Zusammenfassung der Stellen gegeben, an denen Gummi in zunehmendem Maße im Eisenbahnwagenpark mit Erfolg Anwendung finden könnte.

1. Kaufmännische Erwägungen und Werbung zur mengenmäßigen Erhöhung des Bedarfs für die heute erprobten Anwendungsmöglichkeiten in Verbindung mit Forschungen und Untersuchungen zwecks Auffindung neuer Anwendungsstellen.

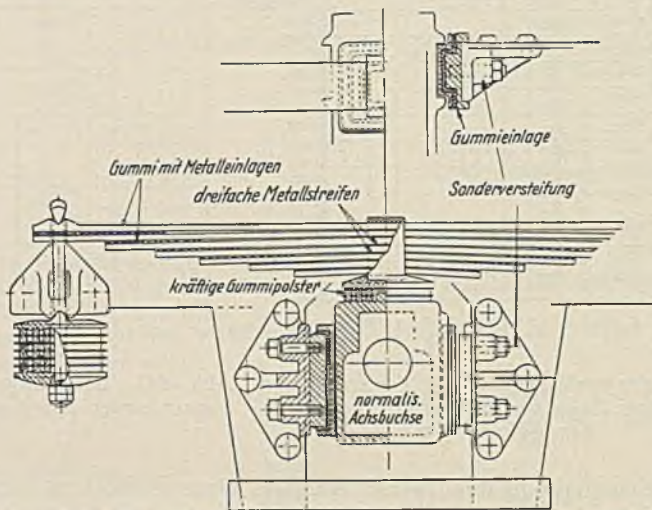


Abb. 444. Mit Gummi isolierte Achsbuchse und Feder

2. Unter Berücksichtigung der heute zufriedenstellenden Verwendung von Gummi ist anzunehmen, daß noch große Möglichkeiten auf dem Gebiete der Gummi-Zug- und -stoßvorrichtungen bei Personenwagen vorliegen. Es steht außer Zweifel, daß die Eisenbahngesellschaften durch weitere Einführung von Gummi Vorteile für sich erzielen würden. Auch Güterwagen sollten entsprechend ausgestattet sein und die gleichen zusätzlichen Gummiabfederungen aufweisen, die heute bei dieser Art Fahrzeuge noch nahezu unbekannt sind.
3. Gummi könnte noch allgemeinere Anwendung finden bei der Abdichtung des Aufbaues und der Polsterung an Personenwagen sowie bei der Luftsaugbremse an Güterwagen. Die Seitengänge der Personenwagen sollten zur Verringerung des Lärmes mit Gummi ausgestattet sein. Schwammgummi oder sonst geräuschkämpfender

Gummifußbodenbelag sollte in Seitengängen, Vorräumen und Abteilen normalisiert sein. Die Fenster sollten rahmenlos und in Gummi geführt sein.

4. Bei Lokomotiven ist noch bezüglich Zug- und Stoßvorrichtungen sowie zusätzlicher Abfederung von Einzelachsen vieles zu machen. Für den Lokomotivführerstand sollten allgemein Unterlagen aus Gummi eingeführt werden.

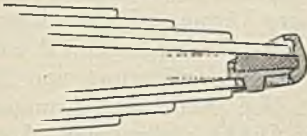


Abb. 445. Gummipolster zwischen den Enden von doppelten Blattfedern. B. und O.-Eisenbahnen

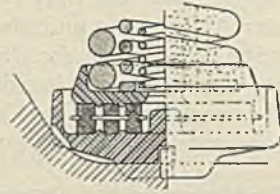


Abb. 446. Gummiisolierung zwischen Federgrundfläche und Ausgleichgestänge

5. Neue Anwendungsgebiete. In den Federanordnungen der Personenzüge und Lokomotiven durch Verdrängung der Stahlfedern.
6. Als zusätzliche Federung bei Stahlfedern zwecks Verbesserung der Abfederung. In diesem Zusammenhang sei auf Abb. 444 verwiesen, die einen Normaltyp einer zusätzlichen Federanordnung zeigt, die mit einem Wiegelager versehen ist, wie es mitunter für die oberen Federblätter Anwendung findet. Dies erlaubt, daß die Federaufhän-

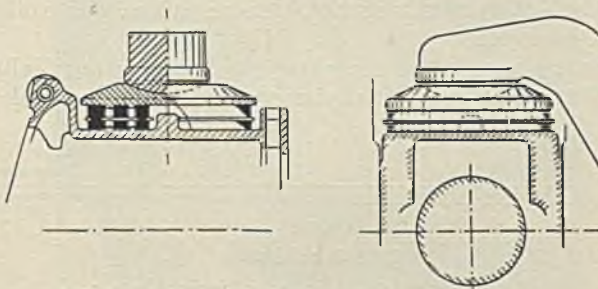


Abb. 447. Gummiisolierung zwischen Achsboxe und Ausgleichgestänge

gung sich sehr frei bewegen kann. Die zusätzliche Gummifeder wird nur benötigt, um die auf die Enden der Feder wirkende Last aufzunehmen, anstatt auch die vom Federende ausgehenden Vor- und Rückwärtsbewegungen aufnehmen zu müssen. Da die Aufhängevorrichtung mit dem Federende nun durch ein bewegliches Gelenk verbunden ist, ist eine besondere Schmierung nicht erforderlich.

7. Gummi, der zwischen den Enden von zwei doppelten Blattfedern angeordnet ist, stellt die Konstruktion einer der größten amerikanischen Eisenbahnen dar (Abb. 445). Der Gummi wirkt nicht nur



als sehr empfindliche Rückstoßfeder, sondern auch als Geräuschdämpfer. Der Gummi hat auch eine annähernd ähnliche Wirkung am oberen und unteren Ende von Wickelfedern, wie sie an Ausgleichgestängen bei dreiachsigen Drehgestellen Anwendung finden (Abb. 446). Es ließe sich aber auch eine ziemlich große Gummiplatte zwischen dem Ausgleichgestänge und der Achsbuchse, wie in Abbildung 447 gezeigt, mit zufriedenstellendem Ergebnis einbauen.

Wenn auch die drei eben beschriebenen Beispiele zur Erzielung guter Abfederung und als schalldämpfendes Mittel beim Drehgestell dienen, können sie die Übertragung des Lärmes oder der Erschütterung, die durch die Achsbuchse und ihre Führungen selbst entsteht, nicht verhindern. Dies kann aber durch Einführung von Metall- und Gummizwischenlagen zwischen den Achslagerführungen und dem Drehgestellrahmen (Abb. 448)

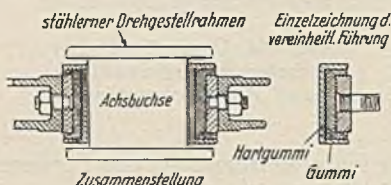


Abb. 448. Achsbuchs-Isolierung

erzielt werden, die die Ausgleichgestänge unterstützen. Hierdurch wird die Lage der Achsbuchse in Längs- und Querrichtung festgelegt, ohne daß in dieser irgendeine Abänderung vorgenommen werden muß. Dieser Vorschlag entspricht der Gummiabstützung bei

Kraftwagenmotoren, die heute fast allgemein im Gebrauch ist.

8. Abb. 444 zeigt eine vollständige Gummiisolierung an einer normalisierten, englischen Drehgestellfederaufhängung. Der Gummi ist hier zwischen Achsbuchse und Führung sowie Achsbuchse und Feder vorgesehen, ferner zwischen den einzelnen Federblättern und an den Federenden.
9. Gummizwischenlagen zwischen den Federblättern sollten gründlich geprüft werden, um Brüche zu verringern und sowohl an Personen-



Abb. 449. Gummifeder mit Metalleinlage

wagen wie Lokomotiven eine sanftere und gleichmäßigere Wirkung zu erzielen. Abb. 449 zeigt ein dünnes, in den Gummi eingebettetes Metallblech, das in der Mitte die beiden Gummilagen so voneinander trennt, daß an diesem Punkt zwischen allen Federblättern metallische Berührung besteht. Diese Bauart ergibt für jedes Federblatt über seine gesamte Länge eine tragende Oberfläche aus Gummi. Der mit dem Metall in Berührung stehende Gummi gleitet nicht über dieses, sondern erfährt lediglich in Längsrichtung eine Streckung. Eine Abänderung dieser Anordnung ist aus Abb. 450 ersichtlich, bei der ein spitz zulaufender Gummistreifen als Zwischen-

blatt Anwendung findet. Zur Verhinderung des seitlichen Kriechens des Zwischenblattes sind Flansche vorgesehen.

10. Durch Einfügung von Gummi in die Radkonstruktion ließe sich der Einfluß des Schienenstoßes und die Geräuschübertragung erheblich verringern. Es sind eine große Anzahl von Versuchen bereits



Abb. 450. Gummifedereinlage

ausgeführt worden und werden noch dauernd durchgeführt, die sich sämtlich mit dem Problem der Stoß- und Schalldämpfung des Rades befassen. Berücksichtigt man die Grundforderung, daß ein Fehlschlag auf Grund mangelhafter Räder unbedingt vermieden werden muß, so wird die Schwierigkeit des Problems klar. Die zufriedenstellende Lösung dieses Problems würde für die gesamte Eisen-

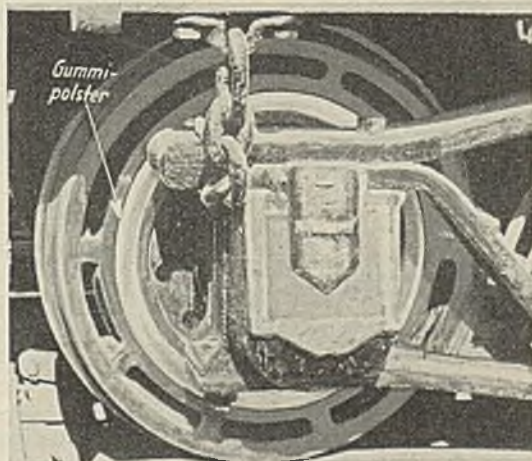


Abb. 451. Mit Gummi gepolstertes Rad

bahnindustrie von unabsehbarer Bedeutung sein. Ein Beispiel einer solchen gummigefederten Radbauart ist aus Abb. 451 zu ersehen. Diese Konstruktion wird soeben in Amerika bei der *Goodyear Co.* gründlichen Versuchen unterzogen (siehe weiter unten).

11. Ein anderes Beispiel eines gummigefederten Eisenbahnrades sieht ein Rad vor, dessen Nabe durch Gummi isoliert ist, so daß die Übertragung von Geräuschen oder Erschütterungen vom Radreifen auf die Achse ausgeschaltet oder zumindest stark verringert wird. Die



Rückstoßelastizität in radialer und axialer Richtung dürfte sehr schwach vorgesehen sein, weil es an sich nicht beabsichtigt ist, ein Rad mit ausgesprochener Rückstoßelastizität zu bauen. Die Konstruktion ist aus Abb. 452 zu entnehmen.

Der neue Gedanke dieser Erfindung im Vergleich zu anderen Verwendungen von Gummi bei Eisenbahnradern besteht nicht allein in der Verwendung von Gummi als Abfederungsmaterial in radialer Richtung, son-

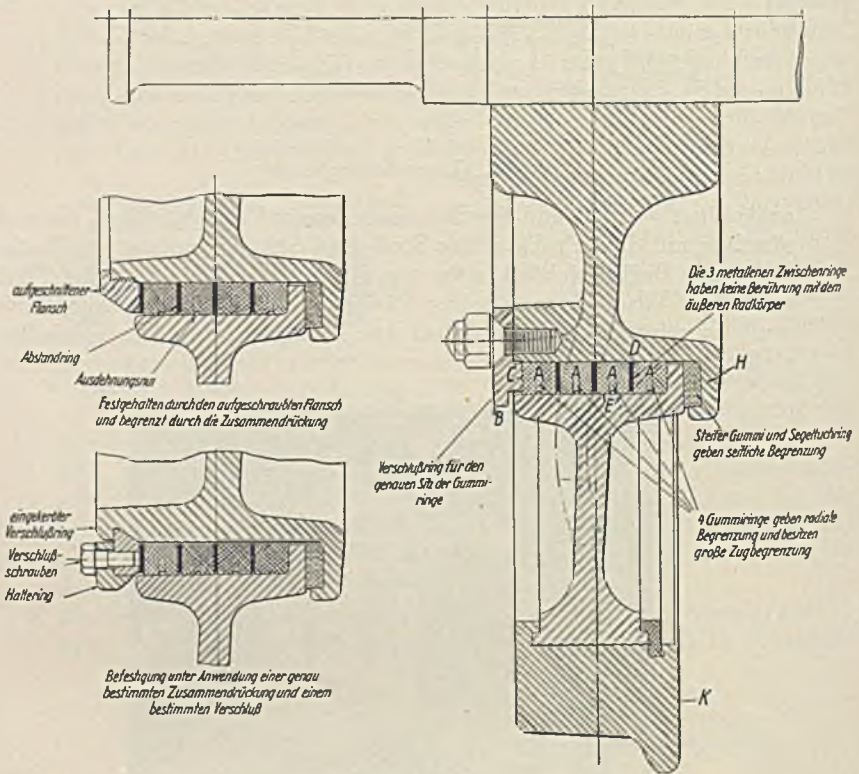


Abb. 452.

dern auch in der Verbindung dieser Wirkung mit einer ausreichenden Begrenzung des der Nabe benachbarten Teiles in axialer Richtung. Die Konstruktion des Rades läßt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- a) Der innere Teil des Rades ist an seinem äußeren Umfang abgedreht und weist an seiner Innenseite eine ausgesparte Nute auf, in die ein steifer Gummiring eingelassen ist.
- b) Hierauf wird der äußere Teil des Rades, der an dem Radreifen befestigt ist, auf den inneren Teil lose aufgesetzt. Dann erst werden ein oder mehrere Gummiringe in die zwischen den beiden Metallteilen verbleibende Aussparung eingelegt, worauf dieser Gummiring in axialer Richtung zusammengedrückt wird. Diese Zusammendrückung bedingt eine Verlagerung des Gummiringes oder

der Ringe in radialer Richtung, wodurch die beiden Metallteile in konzentrische Lage zueinander gebracht werden.

Die Reibungshaftung zwischen den Gummiringen und den beiden Metallteilen ist ganz erheblich größer als die zwischen Rad und Schiene, wodurch ein wirksamer Antrieb gewährleistet ist.

- c) Das Maß der Zusammendrückung ist durch die Abmessungen der dargestellten Flansche begrenzt, die die Gummiringe umschließen. Diese Flansche können, wie dargestellt, bis zu einem Anschlag angezogen werden. Für geringe Abweichungen in den Abmessungen der Metalloberfläche und den Abmessungen der Gummiteile ist durch geeignete Nutung der Gummiringe hinreichend Spielraum gelassen. Die Ringe sind sozusagen mit »Ausdehnungs«-Nuten versehen.
- d) Es sei bemerkt, daß eine Anzahl von Gummiringen, sofern diese Anwendung finden, mit metallischen Zwischenlagen verwendet werden können. Es empfiehlt sich, die Anordnung so zu treffen, wie sie in der Zeichnung dargestellt ist.
- e) Es gibt eine Anzahl von Möglichkeiten, um die mechanische Einstellung durchzuführen. Es sind drei verschiedene Arten dargestellt. Vorzugsweise verwendet man Muttern, die entsprechend gesichert werden können.

Die vier Ringe A werden, wenn sie axial hinreichend zusammengedrückt sind, um auf die Fläche C einen Druck von 300 lbs. pro Quadratfuß auszuüben, denselben Druck in radialer Richtung auf die Flächen D und E der metallenen Radteile übertragen. Die tangentialen und axialen Belastungen Widerstand leistende Fläche ist

$$\begin{aligned} &= \text{Durchmesser } X \times \pi \times 4'' \\ &= 21 \times 3,14 \times 4 \\ &= 263,88 \text{ Zoll}^2 \text{ groß.} \end{aligned}$$

Die Belastung auf der Fläche D ist  $= 263,88 \times 300 = 79,164 \text{ lbs.}$

Die Haftwirkung der vier Gummiringe auf die Fläche D hängt von der Größe der belasteten Fläche und dem Reibungskoeffizienten des Gummis ab. Dieser wird allgemein auf Straßen mit Reifen, die zu 50 lbs. belastet sind, pro Quadrat der berührten Straßenfläche zu 0,50 angenommen. Unter Zugrundelegung eines Reibungskoeffizienten von 0,40 erhalten wir eine Reibungskraft auf der Fläche D von  $79,164 \times 0,4 = 31,6656 \text{ lbs.}$

Das Verdrehungsmoment bei scharfem Bremsen und Anfahren wird einen derartigen Wert niemals erreichen.

#### Senkrechte Zusammendrückung unter Belastung

Wenn wir wieder einen inneren Druck von 300 lbs. pro Quadratzoll auf den Gummi annehmen, so ist der berechnete Druck auf die Projektion der Fläche D  $= 21 \times 4 \times 300 = 25,200 \text{ lbs.}$  Die statische Last auf zweiachsigen Drehgestellen ist im allgemeinen 16 t oder 4 t pro Rad  $= 8,960 \text{ lbs.}$  Deshalb ist der Druck auf die Projektion der Fläche

$D = \frac{8960}{84} = 106 \text{ pro Quadratzoll.}$  Tatsächlich gestattet der statische Be-



lastungszustand eines solchen Rades die dreifache tatsächliche Belastung, bevor der die Fläche D umgebende Gummi überhaupt senkrecht zusammengedrückt werden kann. Demzufolge kann eine metallische Radialberührung nicht erfolgen.



Abb. 453. L.M.S.R. Straßen-Schienen-Fahrzeug



Abb. 454. Straßen-Schienen-Omnibus im Straßen-dienst

Bemerkung: Es besteht kein Bedenken, einen inneren Druck von 600 lbs. pro Quadratzoll auf den Gummi wirken zu lassen, doch empfiehlt es sich, die vorgesehene belastete Fläche reichlich zu bemessen. Die Schraubenflanschkonstruktion ist nicht wünschenswert, da dieser Flansch niemals einen direkten Seitendruck aufnehmen kann. Bei Betrachtung der Zeichnung ersieht man, daß ein direkter Seitendruck auf den Flansch H wirken wird. Als Sicherheitsmaßnahme gegen den von der Innenseite K übertragenen Seitendruck empfiehlt es sich, einen Sicherheitsanschlag an Flansch B, wie dargestellt, anzubringen. Dieser würde im Falle eines auf Flansch K ausgeübten außergewöhnlichen Schlags metallische Berührung verursachen, wodurch völlige Sicherheit gewährleistet ist.<sup>1</sup>

12. Eine englische Gesellschaft, und zwar die L. M. & S., hat Versuche mit einem Fahrzeug ausgeführt, das sowohl auf Schienen wie auf der Straße verwandt werden kann. Die Bauart ist aus Abb. 453 im Betrieb auf Schienen und aus Abb. 454 im Straßenverkehr ersichtlich. Die äußeren Räder des Fahrzeuges stellen normale mit Luftreifen versehene Kraftwagenräder dar. Hinter diesen Rädern sind mit Flanschen versehene Eisenbahnräder kleineren Durchmessers auf derselben Achse befestigt. Um von der Straße auf das Gleis überzugehen, wird das Fahrzeug an eine Stelle gefahren, an der die

<sup>1</sup> Bezüglich der Konstruktion verschiedener gummiarmerter Räder siehe auch Electr. Tract. & Bus 7. 1933; S. 274—276

Straßenoberfläche mit der Schienenoberfläche in gleicher Ebene liegt. Die auf einer exzentrischen Vorrichtung befestigten Straßenräder werden nun über die Schienen gehoben. Der Wagen ist bereits in ständiger Benutzung und dürfte in bezug auf Beweglichkeit gewisse Vorteile aufweisen.

13. Die neuere Entwicklung auf französischen Nebenbahnen weist besonders konstruierte, mehrrädrige, leichte Fahrzeuge auf, die »Michelin«-Luftreifen in Verbindung mit metallenen Führungsflanschen besitzen. Eine derartige Anordnung mag bei leicht belasteter Achse eine Zukunft haben, ihre Anwendung auf Hauptbahnfahrzeuge dürfte aber unpraktisch sein. Das Reisen in derartigen Fahrzeugen ist außerordentlich angenehm und mag zu einer Entwicklung dieser Fahrzeugart beitragen. Über den Michelin-Eisenbahnreifen sei folgendes erwähnt: Der Reifen gestattet einen Radruck von 1,650 lbs. Ein Führungsflansch ist an dem Scheibenrad

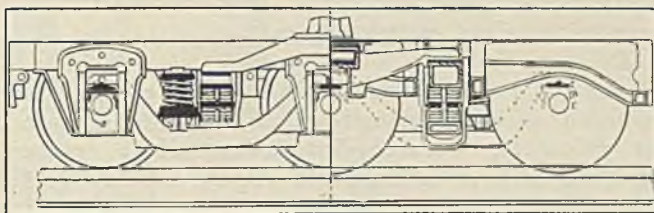


Abb. 455. Dreiachsiges amerikanisches Drehgestell mit Gumpolstern. (In Schwarz dargestellt.) B. u. O.-Eisenbahnen

aufgeschraubt. Der Luftreifen weist Normalgröße auf. Der Luftschlauch ist von besonderer Konstruktion und weist in seinem Innern einen Holzring auf, der als Sicherheitsstütze dient, wenn der Reifendruck von 85 auf 70 lbs. abfällt. Eine selbsttätige Warnpfeife ist vorgesehen, die beim Absinken des Druckes unter 70 lbs. anspringt. Die Anwendung derartiger Reifen und Räder hat zweifellos in bezug auf die Verbilligung des Eisenbahnbetriebes auf Nebenbahnen Bedeutung.<sup>1</sup>

14. Die Anwendung von Gummi an wesentlichen Punkten in dem dreiachsigen Drehgestell der Baltimore & Ohio Co., eine der großen amerikanischen Eisenbahngesellschaften, ist eine beachtenswerte und zweifellos noch verbesserungsfähige Konstruktion (Abbildung 455). Diese Gesellschaft hat die Anwendung kurzerhand normalisiert und sich hierdurch beim Reisepublikum bereits größte Beliebtheit gesichert.
15. Gummi sollte auch im Zusammenhang mit gepreßten, feuersicheren Wandverkleidungen anwendbar sein. Füllungen, Fußböden, Decken, Zwischenwände usw. in Wagen würden neue Anwendungsgebiete erschließen. Vermutlich dürfte sich hierfür eine Verbindung von

<sup>1</sup> Betreffs weiterer Einzelheiten der Entwicklung und Bauart von Eisenbahnfahrzeugen mit Luftreifen, siehe die Ausführungen und Abbildungen im Abschnitt »Reifenbau«.



Gummi mit Asbest wegen des Vorteiles niedrigen Gewichtes, Feuersicherheit, leichter Formbarkeit und Geräuschdämpfung besonders eignen.

16. Gummi, wie er für Kraftwagensitze im großen Maßstab entwickelt ist, scheint bei den Eisenbahngesellschaften noch nicht eingeführt zu sein. Hier liegt ein großes Feld erfolgreicher Anwendungsmöglich-

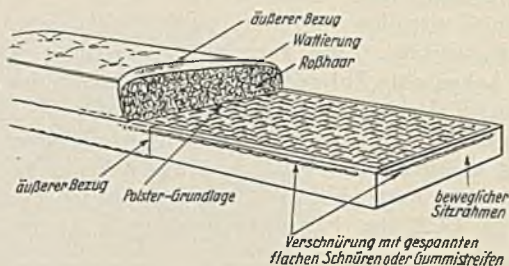


Abb. 456. Sitz mit Gummiunterlage

keit vor. Da die Anforderungen bei allen Gesellschaften sehr ähnlich liegen, sollte das einmal gelöste Problem eine gute Verzinsung aller geleisteter Versuchs-Entwicklungsarbeit ergeben. Gummipolsterung gibt es in mehreren Arten, u. a. luftgefüllte Kissen, Schwammgummi und mit Gummi getränktes Haar. Letzteres ist eine Entwicklung neuesten Datums, von der behauptet wird, daß das

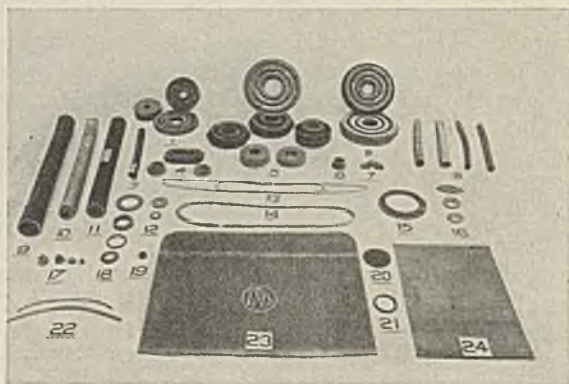


Abb. 457. Teile aus Gummi an den Personen- und Güterwagen der L. M. & S.-Gesellschaft

Haar nach der Tränkung mit Gummi elastischer ist und sich weniger rasch einsitzt. Die Gummifüllung kann auf übliche Art unterstützt werden, sei es nun durch einen Stahlfederrahmen oder durch eine aus Gummipplatten hergestellte federnde Unterlage oder durch verwobene Gummifäden (Abb. 456). Eine derartige biegsame Unterlage erhöht die Annehmlichkeit des auf ihr befestigten Kissens erheblich.

Gleichgültig, welche Art von Gummisitz Anwendung findet, muß den folgenden Bedingungen Genüge getan werden:

- a) Keine Erhöhung der Anschaffungs- oder Gesamtkosten.
- b) Keine Sonderarbeit für seine Erhaltung.
- c) Erhöhung der Bequemlichkeit.
- d) Versagen infolge rauher Behandlung muß ausgeschlossen sein.

Die Unzahl kleinerer Anwendungsmöglichkeiten für Gummi im Innern eines Personenwagens ist einigermaßen erstaunlich. Abb. 457 zeigt abermals das Beispiel der L. M. & S.-Gesellschaft. Von den verschiedenen Gummiteilen ist nur je ein Stück abgebildet, obwohl viele mehrfache Anwendung finden können.

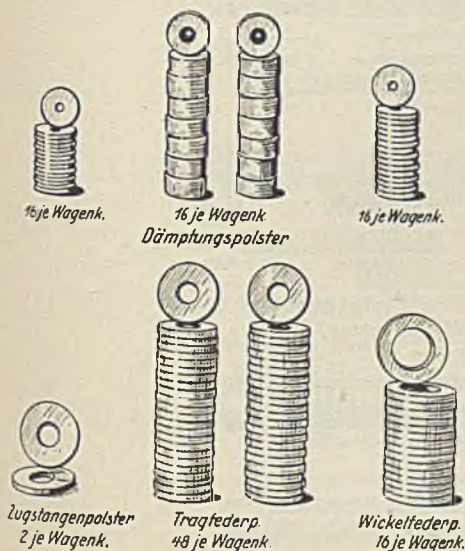


Abb. 458. Teile aus Gummi an Personenwagen-Untergestellen und -Drehstellen

Ein anderes Beispiel zeigt Abbildung 458. Hier sind die an GWR-Personenwagen-Untergestellen und Drehstellen verwandten Stücke dargestellt. Schlafwagenreisende fordern größte Bequemlichkeit. Abbildung 459 zeigt Gummipplatten, wie sie für GWR-Schlafwagen als

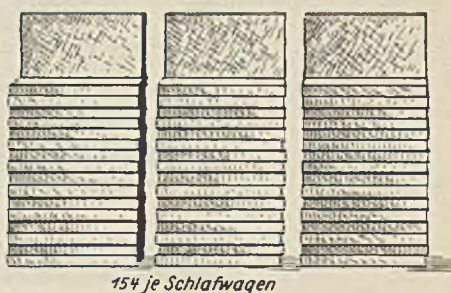


Abb. 459. Gummipplatten für Schlafwagen

Auflagerungen verwandt werden. Kleine Gummiteile in GWR-Wagen mit Seitengang sind aus Abb. 460 ersichtlich.

Die Anwendung von Gummi als biegsame Schlauchkuppelungen zwischen Lokomotive und Tender sowie zwischen Personen- und Güterwagen ist mehr oder minder in der ganzen Welt normalisiert. Aus Abbildung 461 ersieht man die von der GWR zwischen Lokomotive und Tender angewandten Gummiteile, aus Abb. 462 die auf der Lokomotive verwandten, während Abb. 463 die zwischen Personenwagen angewandten Gummiteile zeigt. Dichtungen aus Gummipplatten und gepreßte Ringe sowie andere Gummidichtungen werden vielfach angewandt, obwohl hier auch andere Stoffe mit Gummi im Wettbewerb stehen. Abbildung 464 zeigt die von der GWR angewandten Dichtungen und Packungen an Tendern, Abb. 465 dieselben an Lokomotiven.



Hiermit ist wohl hinreichend gezeigt, daß Eisenbahngummiteile schon heute einen nennenswerten Faktor auf dem Markt der Gummierzeugung darstellen. Vieles ist aber noch zu machen.



Abb. 460. Teile aus Gummi an Personenwagenkästen (8 Abteile mit Seitengang)

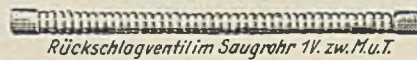


Abb. 461. Bewegliche Verbindungen zwischen Maschine und Tender

### Normalisierung und Prüfung

Im Interesse der Eisenbahnen und der Gummifabriken erscheint es mehr als je erforderlich, darauf hinzuwirken, daß die Gummifabriken nur anerkannte Normen liefern, damit die Eisenbahn einfache und wirksame Proben in der Hand hat, um die Qualität des gekauften Materials überprüfen zu können, und daß schließlich eine Vereinfachung und Nor-

malisierung bei der Anwendung von Gummi im Eisenbahnbau vorgenommen wird.

Nur wenn man sich davor zurückhält, eine Vielheit der Größen, For-

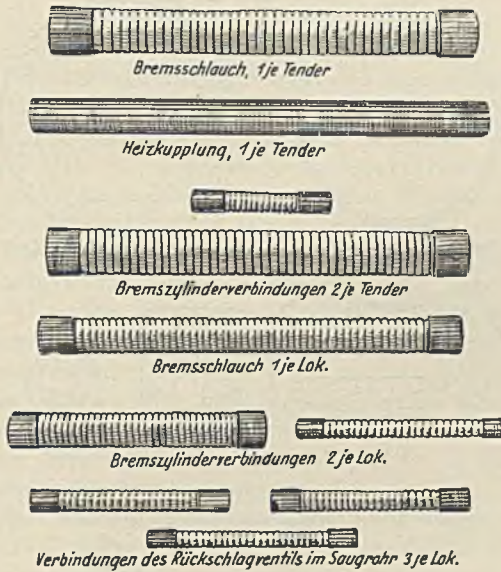


Abb. 462. Bewegliche Verbindungen zwischen Tender und erstem Wagen

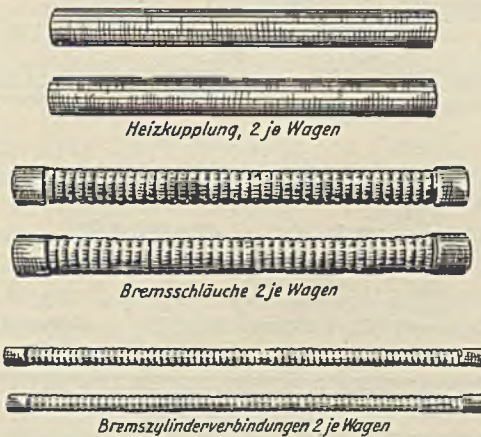


Abb. 463. Bewegliche Verbindungen an den Kopfstücken von Personen- und Güterwagen

men und Besonderheiten mitzumachen, kann sowohl für Verbraucher als auch Hersteller die erforderliche Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit in der vollen Entwicklung und Anwendung des Gummis für das gesamte Eisenbahnwesen der Welt erreicht werden.



Es ist mir eine besonders angenehme Pflicht, der Rubber Growers Association, London, meinen besonderen Dank für die Genehmigung auszusprechen, die in dem vorliegenden Abschnitt wieder-

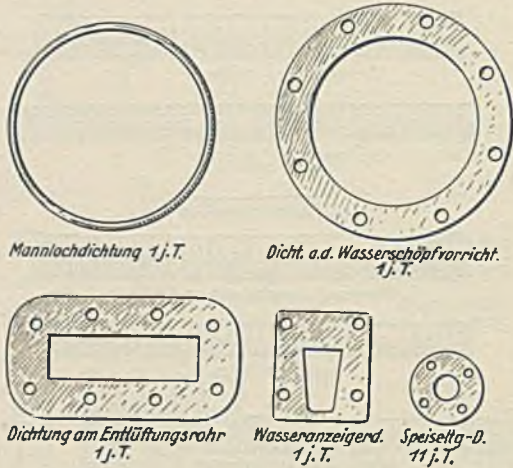
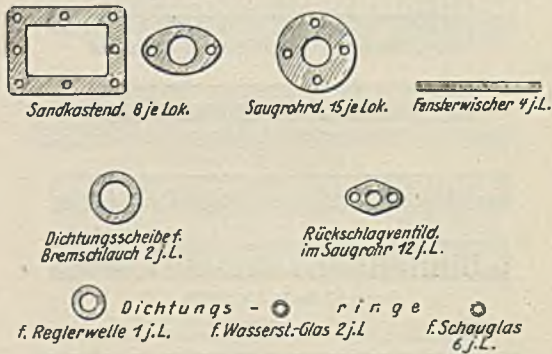


Abb. 464. Gummidichtungen an Tendern



Führerhausfensterdichtung 2 j. L.

Kohlensäureschlauch 1 j. L.

Abb. 465. Gummidichtungen usw. an Lokomotiven

gegebenen Abbildungen und Daten veröffentlichen zu dürfen. Sie sind zum größten Teil der im Verlag der Rubber Growers Association erschienenen und von mir verfaßten Broschüre »Rubber and Railways« entnommen.

# DIE VERWENDUNG VON GUMMI IM AUTOMOBILBAU

VON PROF. DR. E. A. HAUSER, WIEN

Die Verwendung von Gummi im Automobilbau hat in den letzten Jahren solche Dimensionen angenommen, daß eine selbständige Behandlung dieses Gebietes wohl berechtigt erscheint. Wenn im folgenden die Darstellung dieses Gebietes möglichst kurz gehalten werden soll, so ist dies damit begründet, daß gewisse Anwendungsgebiete von Gummi im Automobilbau schon an anderen Stellen dieses Werkes ihre ausführliche Darstellung gefunden haben und ferner, weil dem Grundgedanken des vorliegenden Handbuches entsprechend vornehmlich die großen Richtlinien und weniger die Details aufgezeigt und beschrieben werden sollen. All die aber, die gerade für den vorliegenden Abschnitt, sei es nun vom Standpunkt des Automobilkonstruktors, sei es vom Standpunkt des Gummifabrikanten oder -fachmannes besonderes Interesse haben, seien auf die wirklich umfassende, kürzlich erschienene Monographie von C o l i n M a c b e t h »Rubber and Automobiles« (Verlag »The Rubber Growers Association, England<sup>1</sup>) verwiesen, in der alle heute bekannten Anwendungen von Gummi im Automobilbau bis ins kleinste Detail beschrieben und durch schematische Abbildungen mustergültig erläutert sind. Bezüglich der Verwendung von Kautschuk im Reifenbau, ein Gebiet, welches ja eigentlich auch in den Rahmen dieses Abschnittes gehört, sei auf das ausführliche Kapitel »Gummibereifung« (Seite 447) verwiesen, ebenso wie man eine ganz ausführliche Darstellung der Verwendung von Schwammgummi im Karosseriebau im Kapitel »Schwammkautschuk« (Seite 1081) finden kann. Es erübrigt sich daher, in den folgenden Zeilen nochmals auf diese beiden Verarbeitungsgebiete weiter einzugehen.

## Gummi in den Abfederungssystemen

Bei der Besprechung der Verwendung von Gummi in der Abfederung und Stoßdämpfung des Motorfahrzeuges muß man von vornherein streng zwischen zwei Richtungen unterscheiden, und zwar der Richtung, die sich des Gummis mehr oder minder als zusätzliche Unterstützung der bisher bekannten Abfederungsvorrichtungen bedient und der Richtung, die mit Ausschaltung dieser, Gummi als solchen als stoßdämpfende und abfedernde Materie zu verwenden beabsichtigt.

Eine Anzahl moderner Kraftfahrzeuge wendet heute die bekannte stoßdämpfende Wirkung von Gummi auf ihre Federsysteme derart an, daß sie Gummi beispielsweise zwischen Hinterachse und Stahlfederpaket an der Stelle zur Anwendung bringen, wo normalerweise die Federn mittels der Federbrieden mit der Achse starr verbunden werden. Eine derartige Konstruktion ist beispielsweise aus Abb. 466 zu entnehmen. Die einzelnen Federblätter werden durch den Bolzen A wie üblich zusammengehalten.

<sup>1</sup> Siehe auch das von der Rubber Growers Association i. Nov. 1933 herausgegebene, aus »The Motor« abgedruckte Heftchen »Rubber Products and the Modern Car«.



Dieser Bolzen weist einen Kopf B an seinem oberen Ende auf. Über das oberste Federblatt und diesen Bolzenkopf wird ein entsprechend geformtes Gummiprofil C angebracht, das seinerseits wieder durch eine Stahlkappe D gehalten wird. Im Prinzip mit dieser Anwendung vergleichbar, ist auch die Vorsorge, die einige Fabrikanten getroffen haben, um das unangenehme Quietschen der Federn zu verhindern, das zumeist seine Ursache in der Reibung der Brieden mit den Federblättern hat. Die Federblätter werden zu diesem Zweck, wie aus Abb. 467 ersichtlich, in ein ganz oder nur teilweise geschlossenes Kautschukstück eingelegt, so daß zwischen Brieden und Federblatt kein metallischer Kontakt möglich

wird. Es hat sich hierbei als zweckmäßig erwiesen, die Oberfläche des Gummis durch Kanevas oder dergl. zu verstärken, um der Belastung besseren Widerstand leisten zu können. Mitunter wird die angewandte Gummipackung auch seitlich verstärkt (Abbildung 467a rechts unten), wie dies durch den Pfeil y angedeutet ist. Auch die Verwendung von Zwischen-

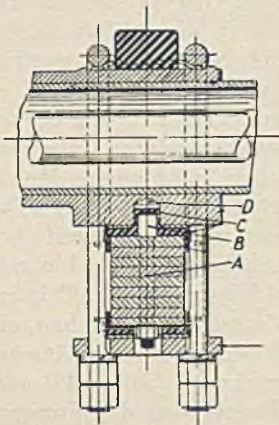


Abb. 466\*. Einlagerung der Federblätter in Gummi

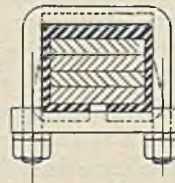


Abb. 467\*. Gummifederüberzug



Abb. 467a\*.

lagen aus Gummi zwischen einzelnen Federblättern ist öfters in Vorschlag gebracht worden. Auf diese Art und Weise soll es möglich sein, die Schmierung der Federn zu erübrigen. Diesbezüglich sei auf den Abschnitt »Gummi bei Eisenbahnfahrzeugen« (S. 615) verwiesen. Eine Kombination der Verwendung von Gummi unter gleichzeitiger Erhaltung der Schmierwirkung ist von Beckmann (siehe Abschnitt »Schwammkautschuk« Seite 1081) vorgeschlagen worden. Dünne, auf geeignetem Gewebe, wie Nessel, hergestellte lederharte, mikroporöse Gummilagen werden nach diesem Vorschlag zwischen die einzelnen Federblätter eingelegt, nachdem sie vorher bis zur vollen Sättigung in geeignetem Maschinenöl getränkt worden waren. Hiermit angestellte Versuche haben gezeigt, daß derartig präparierte Federn noch nach außerordentlich langem Gebrauch völlig rostfrei blieben. Leider hat die verhältnismäßig geringe Widerstandsfähigkeit des Beckmann-Gummis die weitere Auswertung des zweifellos richtigen Gedankens verzögert. Die stets zunehmende Erkenntnis auf dem Gebiete der Latexverarbeitung sollte aber heute die Möglichkeit bieten, diesen Gedanken mit größerem Erfolg wieder aufzunehmen, der vom Standpunkt der dauernden Federschmierung sicher von

besonderem Interesse ist. Festsitzende Federschutzgamaschen aus nahtlosem Gummi, die gleichzeitig auch nichtmetallischen Kontakt bedingen, seien in diesem Zusammenhang erwähnt.<sup>2</sup> Andere Firmen bedienen sich wieder der Erzielung einer zusätzlichen Abfederung des Gummis in Form von »Silent-Bloc-Elementen« (siehe weiter unten), wie dies beispielsweise aus Abb. 468 und 469 ersichtlich ist.

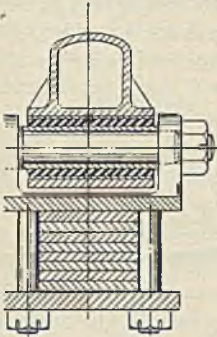


Abb. 468°. Silent-Bloc-Einheit als zusätzliche Federung

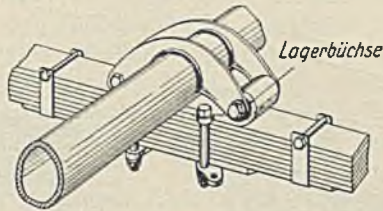


Abb. 469°. Silent-Bloc-Zusatzfederung

Ein besonderes Anwendungsgebiet ist die Verwendung von Gummi in den eigentlichen Federbolzen, um auch hier eine stoßdämpfende Wirkung auszuüben. Derartige Vorrichtungen sind beispielsweise aus Abb. 470 und 471 zu entnehmen, während Abb. 472 die Wirkungsweise eines derartigen »Silent-Bloc-Elementes« erläutert. Bei diesen Silent-Bloc-Elementen



Abb. 470°.

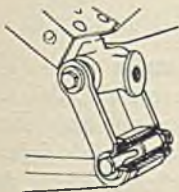


Abb. 471°.

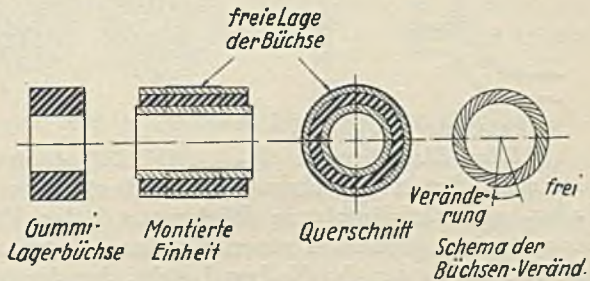


Abb. 472°.

müssen wir grundsätzlich zwei Typen unterscheiden, und zwar solche, bei denen der Gummi lediglich zwischen die beiden metallenen Rohrstücke eingepreßt und solchen, bei denen er entweder auf ein oder auf beide Rohrstücke fest auf vulkanisiert wird.

Bei einigen Fahrzeugen finden wir noch die Verwendung besonderer Puffer vor, um bei starken Stößen metallischen Kontakt zwischen Fahrgestellrahmen und der Feder zu verhindern, wie dies aus Abb. 473 her-

<sup>2</sup> E. P. 232 779/25



vorgeht. In modernen Konstruktionen werden die Verbindungen zwischen den Achsen und dergl. bereits eingebaut, wie dies aus Abb. 474 zu entnehmen ist, in der zwei Silent-Bloc-Elemente direkt in die Vorderachse eingelassen sind.

Die Methoden, Gummi direkt als Federungsmasse und nicht nur als zusätzliche stoßdämpfende Materie zu verwenden, sind noch nicht annähernd so im allgemeinen Gebrauch wie die vorerwähnten, es seien daher auch hier nur die wichtigsten Vorrichtungen kurz erörtert. Aus Abbildung 475 ist das in Frankreich ziemlich bekannte Harris-Leon-

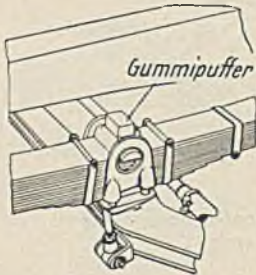


Abb. 473°.

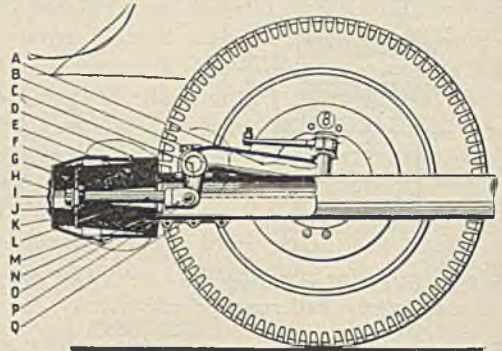


Abb. 475°. Harris-Leon-Laisne-System der reinen Gummifederung

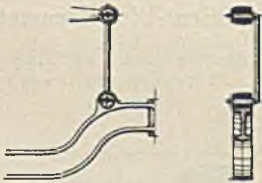


Abb. 474°. Eingebaute Silent-Bloc-Einheiten

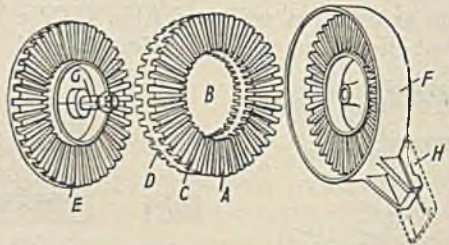


Abb. 476°. Adams Suspension

Laisne-System schematisch wiedergegeben. Man ersieht, daß die feder- und stoßdämpfende Wirkung auf der Kompression bzw. Entlastung eines großen in einem Gehäuse eingebauten Gummiblockes E besteht, durch den der Kolben L geht, der durch die Platte F und den vorerwähnten Gummiblock vom kleineren Block G getrennt wird. Dieser Vorrichtung werden besonders angenehme Fahreigenschaften und besonders gute Dämpfung nachgerühmt. Die Ursache, warum diese Art von Abfederung noch verhältnismäßig wenig Eingang gefunden hat, dürfte auf die Notwendigkeit einer besonderen Fahrgestellkonstruktion zurückzuführen sein. Eine andere Art der selbständigen Abfederung können wir aus Abb. 476 (Adams Suspension) ersehen. Ein Gummiblock (A) mit einer zentralen Aussparung (B) ist auf einer Seite mit radialen Kanten (C) und an den ihm gegenüberliegenden Seiten mit radialen Einkerbungen (D) versehen. Dieser Block wird nun gegen eine ebenso ge-

formte feststehende Scheibe (E) und eine bewegliche Scheibe (F) gelagert und das System durch den Bolzen (G) zusammengehalten. Die bewegliche Platte (F) ist mit dem Flansch (H) verbunden, der seinerseits wieder mit der Vorder- oder Hinterachse in Verbindung steht. Diese Art der Abfederung, die auch bei anderen Konstruktionselementen als Vibrationsdämpfung mitunter Anwendung gefunden hat, wie beispielsweise bei älteren Lichtmaschinen, Kupplungen und dergl., dürfte deshalb nicht zu dem vollen Erfolg geführt haben, weil schon die geringste bleibende Dehnung eines einzelnen Gummiwerkstückes oder auftretender Abrieb zu einem merklichen Nachlassen der stoßdämpfenden oder abfedernden Wirkung führen muß. In einem weiteren Patent des gleichen Erfinders finden wir bereits den Versuch, dem vorerwähnten Übelstand dadurch aus dem Weg zu gehen, daß ein Paket von Scheibeneinheiten (Sandwich-Type) zu einem Federersatz vereinigt werden (Abb. 477). In diesem Fall ist der Gummi bereits mit den Metallplatten durch Vulkanisation fest verbunden. Die hiermit erzielten Ergebnisse werden als sehr aussichtsreich bezeichnet.

So einfach die Verwendung von Gummi als Abfederungsmasse auch erscheinen mag, so ist ihm der volle Erfolg bisher versagt geblieben. Ob aber der bisher eingeschlagene Weg überhaupt der richtige ist, wird wohl erst die Zukunft lehren können. Wenn man auf Grund vorliegender Versuche und Erfahrungen im Rahmen einer derartigen Abhandlung überhaupt prophezeien darf, so dürfte das erstrebenswerte Ziel viel eher durch die sachgemäße Verwendung von Gummi als Kompressionsmasse für Gase oder Flüssigkeiten zwecks Erzielung der erwünschten Stoßdämpfung zu suchen sein, als nach dem bisher eingeschlagenen Weg, bei dem immer wieder mit der allmählichen Ermüdung und den darauf beruhenden physikalischen Veränderungen des Gummis zu rechnen sein wird, ganz abgesehen davon, daß die Elastizität von massivem Gummi unter steigender Belastung abnimmt.

### Gummi in Stoßstangen und in ähnlichen Sicherheitsvorrichtungen

Der sich ständig verdichtende Straßenverkehr der letzten Jahre sowie die zunehmende Geschwindigkeit der Motorfahrzeuge hat die Gefahr in bezug auf Verkehrsunfälle begreiflicherweise in erheblichem Maße gesteigert. Es ist daher verständlich, daß der moderne Automobilkonstrukteur bei der Ausrüstung seines Fahrzeuges nach Mitteln und Wegen sucht, um äußeren, plötzlichen Einwirkungen auf das Fahrzeug zu begegnen und seine empfindlichsten Teile vor ernsteren Beschädigungen zu schützen. Die in letzter Zeit an fast jedem modernen Fahrzeug angebrachten vorderen und rückwärtigen Stoßstangen sollen bekanntlich dazu dienen, um einem, sei es durch eigenes Verschulden verursachten oder bei einem Zusammenstoß sich ergebenden Anprall die Stoßkraft zu nehmen. Obwohl man annehmen sollte, daß sich Gummi dank seiner elastischen und stoßdämpfenden Eigenschaften gerade für derartige Verwendung im besonderen eignen sollte, finden wir leider heute noch in erster Linie Stoßstangen aus Metall, teils in massiven Stangen oder in Röhrenform vor,



die ihrerseits ebenfalls durch starre Verbindungselemente mit dem Fahrzeugrahmen in Verbindung stehen. Es gibt jedoch eine Anzahl derartiger Stoßstangen, die sich des Gummis als stoßdämpfendes Element bedienen. Eine der bestbekanntesten Typen ist unter dem Namen »Conolly« eingeführt (Abb. 478). Sie wird an dem Fahrgestell auf übliche Weise befestigt. Da der »Conolly« verhältnismäßig teuer ist, sind in letzter Zeit billigere Sorten auf den Markt gekommen, wie beispielsweise in Abb. 479 schematisch wiedergegeben. Der Gummi weist, wie aus der Abbildung ersichtlich, ein besonderes Profil auf und wird in eine als Rück-

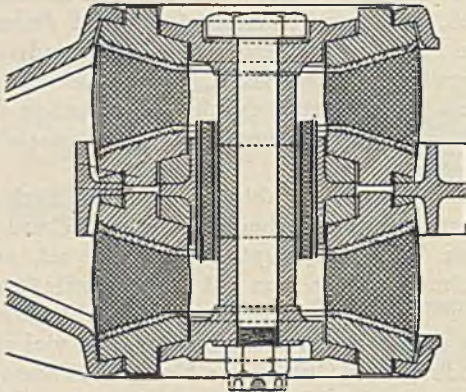


Abb. 477°. Neue Adams Abfederung

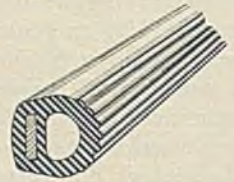


Abb. 479°. Stoßdämpferprofil

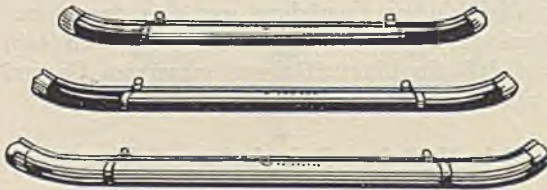


Abb. 478°. „Conolly“-Stoßstangen

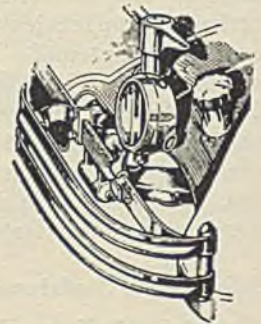


Abb. 480°.

wand vorgesehene entsprechend vorprofilierte Metallplatte eingezogen. Bei teureren Fahrzeugen, bei denen es auch auf das Äußere des Fahrzeuges ankommt, werden mitunter Stoßstangen zur Anwendung gebracht, bei denen der dämpfende Gummi innen eingebracht ist und nach außen von verchromten Metallblechen überdeckt wird (Abb. 480). Die seitlichen Metallflansche scheinen zur Erhöhung der Festigkeit sowie des äußeren Gesamteindruckes angebracht zu sein. Es dürfte außer Frage stehen, daß gerade auf diesem Gebiet für die Verwendung von Gummi noch manches zu holen wäre. So wäre beispielsweise der Gedanke einer durch inneren Luftdruck sozusagen pneumatisch wirkenden Stoßstange wohl nicht ganz von der Hand zu weisen, da man eine solche in Betracht der ja erheblich verringerten Wandstärke des anzuwendenden

Kautschukschlauches zu geringeren Preisen herstellen könnte als die heute mehr oder minder massiven.

Auch die Auflage der Kühler wird heute im Gegensatz zu der bis vor wenigen Jahren im Kreise von Automobilkonstruktoren vertretenen Auffassung starrer Verbindung vielfach unter Anwendung von Gummi vorgenommen. Hier verwenden die verschiedenen Fabrikanten entweder Zwischenlagen aus Massiv- oder Moosgummi oder aber direkt Gummipuffer, wie beispielsweise aus Abb. 481 und 482 ersichtlich. Der Kühler wird hier unter Zwischenschaltung zweier Gummipolster durch zentrale Bolzen mit dem Fahrgestellrahmen elastisch und nicht-metallisch verbunden, ohne aber die erforderliche Festigkeit der Verbindung ernstlich zu gefährden.

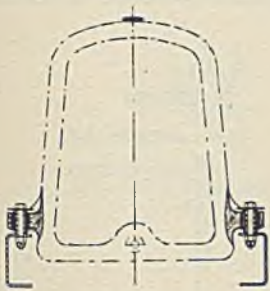


Abb. 481\*. Kühlerabfederung

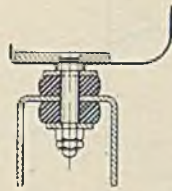


Abb. 482\*.  
Kühlerbefestigung  
(Detail)

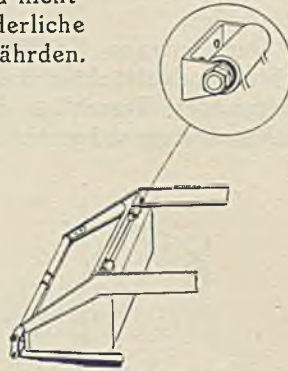


Abb. 483\*. Benzin-  
tanklagerung mit-  
tels Silent-Bloc-  
Elementes

Ebenso wird in letzter Zeit die Befestigung des Benzintanks vielfach unter Anwendung von Gummizwischenlagen vorgesehen, vornehmlich zu dem Zweck, um das Dröhnen halbvoller Tanks zu reduzieren und die durch die dauernde Erschütterung bedingte erhöhte Leckgefahr zu verringern. Die Art und Weise dieser Lagerung ist bei den einzelnen Fabrikaten verschieden. Teilweise werden die Stützen des Benzintanks lediglich mit Gummiplatten unterlegt, teilweise finden wir feinere Konstruktionen, die sich der Silent-Bloc-Elemente bedienen, wie beispielsweise aus Abb. 483 zu entnehmen ist. Die Verwendung von Kautschuk als Belag für Trittbretter ist heute bei den besseren Personenwagen nahezu standardisiert. Wir haben hier Laufbretter, bei denen der Gummi, der in der Regel mit entsprechenden Dessins versehen ist, unter Anwendung der verschiedenartigsten Klebstoffe aufgeklebt und zweckmäßig an den Seiten von geeigneter Umbörtelung festgehalten wird, wohingegen in der modernen Groß-Serienfabrikation heute vornehmlich gepreßte Stahllaufbretter mit fertig aufvulkanisiertem Gummi Anwendung finden. Diese Methode hat gegenüber der älteren den Vorteil, daß der Gummi mit dem Metall so innig verbunden ist, daß ein Aufquellen oder Loslösen desselben nicht mehr in Frage kommt, wodurch das Fahrzeug immer in gutem Zustand erhalten bleibt. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist darin zu erblicken, daß die Notwendigkeit der Metallumbörtelung in



Fortfall kommt und man viel leichter heute den Gummi um die Metallkante herumführen kann, wodurch der Wagen ein noch besseres Aussehen erhält. Bei der heute bestehenden Möglichkeit, Gummi von außerordentlich hohem Abriebswiderstand zu erzeugen, kann man diese Methode wohl als die fortschrittlichste bezeichnen, da man nicht mehr befürchten muß, daß die Gummibedeckung des Trittbrettes allzu rascher Abnutzung anheimfällt. Auch der Verbindung der Kotflügel mit dem Trittbrett ist in letzter Zeit durch Anwendung von Gummi als Zwischenschicht viel genützt worden, da die Erfahrung gelehrt hat, daß die Kotflügel leicht nach längerem Gebrauch an ihrer Stoßstelle mit dem Trittbrett einreißen.

Der Gedanke, Kotflügel aus Gummi herzustellen, ist schon mehr als einmal aufgetaucht und erörtert worden. Bis heute jedoch hat keiner der gemachten Vorschläge zu irgendwelcher praktischen Auswertung geführt, und es ist bei der Güte der heute hergestellten Kotflügel wohl nur

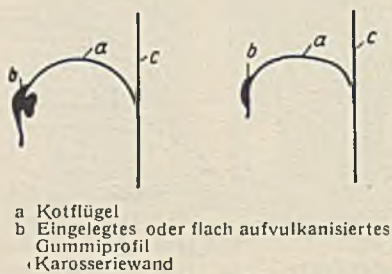


Abb. 484.



Abb. 485°.

dann mit einer weiteren Entwicklung in dieser Richtung zu rechnen, wenn es gelingen sollte, Gummikotflügel zu einem Preise herzustellen, der dem derzeitigen annähernd entspricht. Gleichzeitig aber müßte der Gummikotflügel auch in seinem Aussehen mit dem auf Hochglanz lackierten Metallkotflügel konkurrieren können. Ein Gedanke, der vielleicht jedoch nicht unberechtigt erscheint und der auch in bezug auf das Äußere nicht von der Hand zu weisen wäre, ist in Abb. 484 wiedergegeben. In den Kotflügel wird an den zumeist gefährdeten Stellen ein entsprechendes Gummiprofil eingelassen. Dieses Profil kann entweder in einer geeigneten Farbe hergestellt oder aber auch ohne Schwierigkeiten lackiert werden. Es bietet den Vorteil, daß bei seitlichen auf den Kotflügel einwirkenden Stößen die Gefahr des Eindrückens des Flügels erheblich vermindert wird. Wenn auch die moderne Technik die Reparatur solcher Kotflügel rasch und einwandfrei zuläßt, so dürfte dieser Vorschlag bei sachgemäßer Ausführung dennoch so viele Vorteile mit sich bringen, daß die verhältnismäßig geringen Mehrkosten der Anschaffung reichlich kompensiert werden. Ein im Prinzip ähnlicher Vorschlag ist bereits von Mercedes in die Praxis umgesetzt worden, indem die Kotflügel dieses Wagens an ihren Kanten mit Gummileisten versehen werden. Im allgemeinen wendet man heute auch zwecks Vermeidung metallischen Kontaktes und dem darauf beruhenden Quietschen an den

durch die Schmierung nicht erreichbaren Stellen Gummiunterlagen an der Stoßstelle des Kotflügels mit dem Fahrgestellrahmen an (Abb. 485).

Einige Fabriken wenden auch mit Kautschuk versehene als Vibrationsdämpfer dienende Flansche zur Befestigung des Auspuffrohres bzw. des -topfes an, wodurch die hier auftretende Vibrationen sich nicht auf den Fahrgestellrahmen übertragen können. Um auch weiterhin die Fortpflanzung von Vibrationen, die in den mit dem Rahmen in Verbindung stehenden Aggregaten auftreten, zu verhindern, werden in zunehmendem Maße von den fortschrittlicheren Fabriken aus Gummi bestehende Isolierungen angebracht.

### Gummi in der Motoranlage

Die heute wohl am meisten besprochene und von den verschiedensten Fabriken propagierte Anwendung von Gummi im Automobilbau ist in Verbindung mit der Lagerung des eigentlichen Verbrennungsmotors zu



Abb. 486°. Nichtmetallische Verbindung

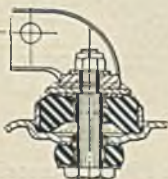


Abb. 487°.

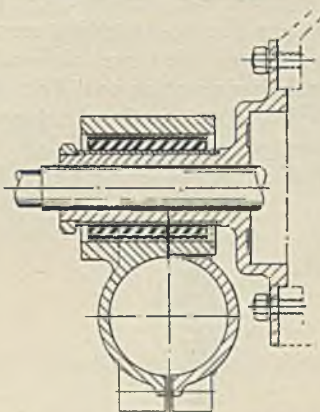


Abb. 488°. Nichtmetallische Verbindung mittels Silent-Bloc-Elementes

suchen. Diese Entwicklung ist um so bemerkenswerter, als die meisten Automobilkonstrukteure bis vor noch ganz kurzer Zeit mit großer Zähigkeit an der Auffassung festhielten, daß die Verbindung des Motors mit dem Fahrgestell nicht starr genug sein könnte, um die erforderliche Sicherheit und den erwünschten maximalen Leistungseffekt zu garantieren. Einige Automobilfabriken haben aber in den letzten Jahren mit zunehmendem Erfolg mit dieser Auffassung gebrochen und sich dem Problem des elastisch gelagerten Motors zugewandt. Es würde den Rahmen der vorgesehene Abhandlung, so interessant es auch historisch sein würde, überschreiten, wenn wir die Entwicklung, die die stoß- und schwingungsfreie Aufhängung der Motoren genommen hat, im einzelnen diskutieren würden. Es sei daher gerade in diesem Zusammenhang auf die eingangs erwähnte Monographie unseres Mitarbeiters Colin Macbeth erneut hingewiesen. Als heute ziemlich allgemeine Verbin-



dungsmöglichkeit sei auf die Verwendung zweier übereinander gelagerter Gummipuffer (Abb. 486) verwiesen. Beide Puffer werden durch zentrale Bolzen zusammengehalten und voneinander durch einen am Motor angebrachten Flansch getrennt. Auf diese Art und Weise wird der Motor mit dem Fahrgestellrahmen fest, aber dennoch elastisch verbunden. Die Zahl derartiger Verbindungsstellen schwankt heute bei den einzelnen Konstruktionen, ebenso wie die Ausführung des Grundprinzips in ziemlich weiten Grenzen variierbar erscheint. Dies zeigt beispielsweise Abbildung 487 an einer im Prinzip ähnlichen Konstruktion. Bei der Ausführung derartiger schwingungsfreier Verbindungen gilt dasselbe wie bereits beim »Silent-Bloc« Besprochene. Auch hier haben wir zu unterscheiden zwischen Pufferaggregaten, die lediglich zwischen entsprechenden Metallteilen frei eingelegt sind und solchen, die durch Vulkanisation mit den sie umgebenden Metallteilen fest verbunden sind. Daß für derartige Befestigungen auch silent-blocartige Elemente in Vorschlag gebracht wurden und Anwendung finden, erscheint aus den vorangegangenen Ausführungen ohne weiteres einleuchtend, wie dies beispielsweise aus Abb. 488 ersichtlich ist. Auch andere interessante Verbindungen von Gummi mit Metall finden vielfach Anwendung, wie z. B. eine



Abb. 489\*.

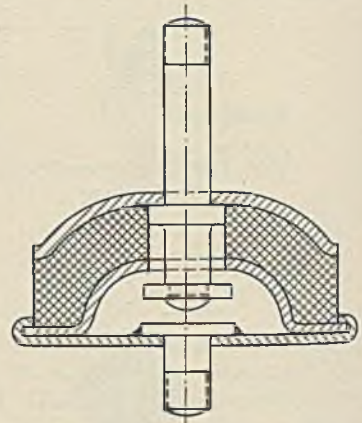


Abb. 490\*\*. Flexosecur-Element

vornehmlich in Amerika beliebte Methode aus Abb. 489 zu entnehmen ist. Vorrichtungen, die durch ihre eigenartige Konstruktion besonders auffallen, sind aus Abb. 490 zu ersehen. Diese Konstruktion, die der jüngsten Zeit vorbehalten blieb, verdankt ihre Entstehung der zweckmäßigen Zusammenarbeit des Gummifachmannes mit dem Motorenkonstrukteur. Der Gummi ist hier mit den ihn umgebenden Metallteilen fest durch eine besondere Art der Vulkanisation verbunden (siehe weiter unten). Die kalottenförmige Ausgestaltung der einzelnen Elemente gestattet bei dieser Konstruktion, im Gegensatz zu allen anderen, bei kleinstem Raum die geringste Zug- oder Druckbeanspruchung des Gummis zu erzielen, wodurch es möglich ist, Elemente herzustellen, die in bezug auf Haltbarkeit der Verbindung besondere Vorteile bieten.

Besondere Schwierigkeiten stellen sich dem Konstrukteur überall dort entgegen, wo er mit hohen Beanspruchungen zu rechnen hat, wie beispielsweise bei der erschütterungsfreien Lagerung schwerer Lastwagenmotoren und dergleichen. Hier reicht in vielen Fällen selbst eine noch so

große Auflagefläche nicht immer aus. Man muß es daher als eine geradezu geniale Idee deutscher Konstrukteure bezeichnen, eine Abdämpfungs- vorrichtung geschaffen zu haben, die durch Anwendung gleichzeitiger Zug- und Druckwirkung auf die Gummipakete gewissermaßen eine Halbierung der Beanspruchung ergibt, oder mit anderen Worten, bei gleicher Flächenauflage eine doppelt hohe Beanspruchung aushalten muß. Eine derartige Konstruktion ist aus Abb. 491 ersichtlich. Insbesondere wird das Prinzip dieser Konstruktion aus dem rechten Teil der Abbildung verständlich. Die beispielsweise mit den Motoren verbundenen Bolzen a drücken auf die Platte b, sowie auf die Distanzhülse c. Die Platte b ist mit dem Gummi d zusammenvulkanisiert, welcher letzterer auch mit der Fahrgestellverbindung e durch Vulkanisation fest verbunden ist. Ein auf den Bolzen a wirkender Druck wird somit eine Kompression des Gummiblockes d bewirken. Der zweite Gummiblock f ist nun wieder mit der Platte g einerseits und dem Chassisblech e andererseits verbunden. Bei

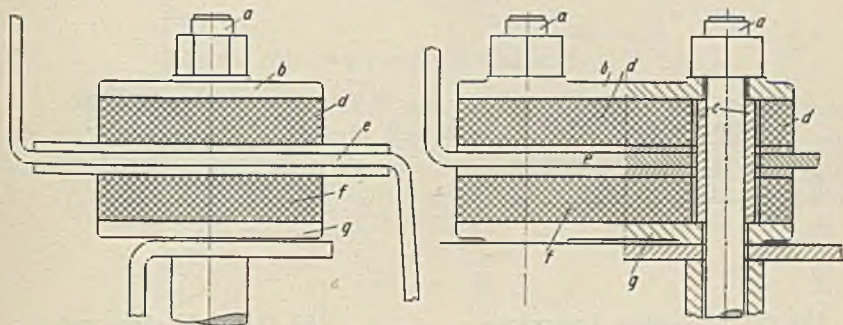


Abb. 491\*\*. Auf Zug- und Druckwirkung beanspruchbares Dopelement

Ausübung eines Druckes auf a wird die Distanzhülse c denselben auf die Platte g übertragen, so daß der Gummiblock f im gleichen Maße einer Zugbeanspruchung unterworfen wird wie der Block d einer Druckbeanspruchung. Wird aber infolge eines Stoßes die Erschütterung vom Fahrgestell ausgehen, so wird f komprimiert und d unter Zugspannung gestellt werden.

Ähnliche Prinzipien lassen sich auch mit Vorteil für die erschütterungsfreie Aufhängung der Differentiale insbesondere bei Lastkraftwagen anwenden.

Eine besondere Schwierigkeit ist die Aufhängung horizontal liegender Zweitaktmotoren. Hier ist es ebenfalls gelungen, einwandfreie Ergebnisse dadurch zu erzielen, daß man den Motor vorn in ein querliegendes Gummipaket (Abb. 492a) montiert, während man ihn rückwärts mittels zweier etwas in Winkel gestellter kleinerer Gummiaggregate abstützt. Die hierfür vorgesehenen Aggregate sind für diesen Zweck insofern besonders ausgerüstet, als sie durch geeignete Metallummantelung weitgehend gegen die beim Zweitaktmotor auftretende Verunreinigung durch Öl oder Benzin geschützt sind, wie aus Abb. 492b ersichtlich.



Erwähnt sei noch die Lagerung ganzer Motoraggregate in regelrechten Gummieinbettungen, wie dies insbesondere an den rückwärtigen Teilen (Getriebe) zweckmäßig erscheint. Hier finden wir sogar halbringförmige oder sogar ringförmige Verbindungen vor, die die allseitige Abdämpfung von Erschütterungen ermöglichen bzw. die Übertragung des Drehmomentes des Motors auf das übrige Fahrgestell in hohem Maße ausschalten. Die Frage, welche Art der Motoraufhängungen als die vorteilhafteste zu bezeichnen ist, zu entscheiden, erscheint trotz der erstaunlichen Entwicklung der allerletzten Zeit für eine wirklich seriöse Beurteilung verfrüht. Hiermit soll gesagt sein, daß heute eine endgültige Entscheidung der Frage, ob ein Motor, der an vier Punkten elastisch montiert ist, oder ein Motor, der an drei Punkten elastisch mit dem Fahrgestell verbunden ist, noch nicht gestellt werden dürfte, zumal die Zeit der Erprobung noch

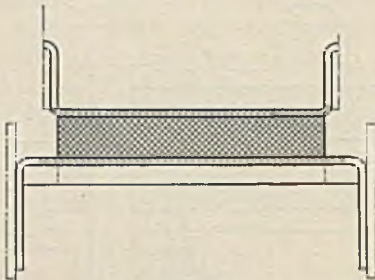


Abb. 492a\*\*. Vordere Lagerung von 2-Takt-Motoren

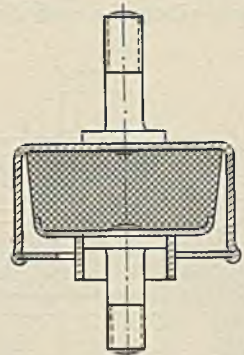


Abb. 492b\*\*. Blechummantelte Aufhängung

viel zu kurz erscheint und das Problem auch noch von einer ganzen Anzahl anderer Faktoren, wie z. B. Anzahl der Zylinder usw. abhängt.

Einige Worte seien noch dem insbesondere von Chrysler so stark propagiertem Problem der »floating power« (schwebenden Kraft) gewidmet. Darunter versteht man die Aufhängung des Motors an zwei Stellen, und zwar in der Regel an einem vorderen hochgelegenen Lagerbock, während die zweite wiegenförmige Lagerung das hintere Ende des Getriebekastens gegen die Rahmentraversen vibrationsfrei abstützt. Die Lagerung ist so erfolgt, daß eine durch die beiden Lager gezogene Linie den Schwerpunkt des Motors diagonal durchquert. Auf diese Weise ist es möglich, das Drehmoment des Motors durch die durch den Schwerpunkt diagonal vorgesehene elastische Abstützung aufzufangen. Um jedoch die durch das Drehmoment sich ergebende Schwingung des Motors nicht ins Unbegrenzte sich steigern zu lassen, wird ein Federpaket an der unteren Fläche des Aggregates zwischen Schwungrad und Getriebe befestigt. Das andere Ende des Federsystems ist in einem mit Gummi isolierten Block unterhalb der einen Seite des Fahrgestellrahmens angebracht (Abb. 493). Auch bei der Chryslerschen Montage sind die ein-

zelen Gummilager fest mit den entsprechenden Metallteilen durch Vulkanisation verbunden.<sup>3</sup>

Ein neuer Weg bezweckt die Aufhängung des Motors nicht in einer durch den Schwerpunkt geführten Diagonale, wie bei Chrysler, sondern

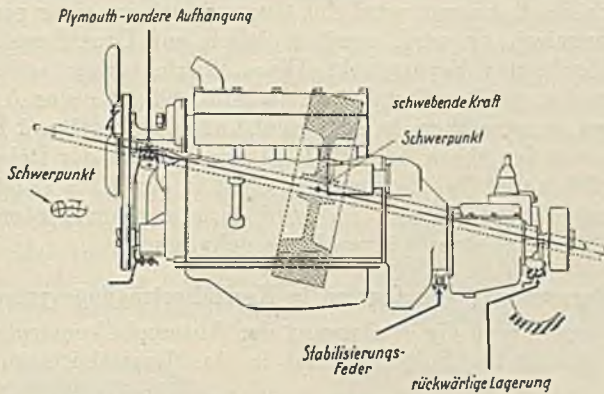


Abb. 493. „Floating power“ (Chrysler Corp., USA.)

den durch Abstützung an der Stelle der eigentlichen Kraftübertragung, das ist also am Kardangelenk. Der Motor selbst wird ganz vorne mit möglichst weiter Auslage abgefedert. Diese Konstruktion hat zweifellos den Vorteil, daß die Schwingungen des Motorblocks verhältnismäßig

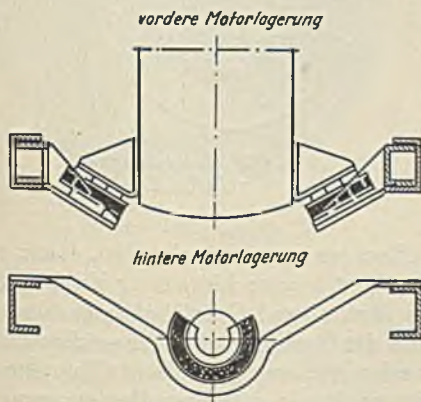


Abb. 494\*\*. Aufhängung für 4-Zyl.-Dieselmotore

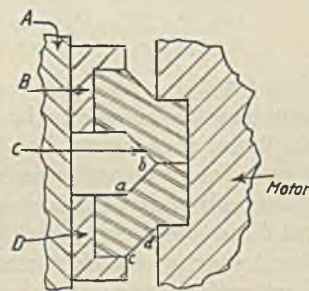


Abb. 495.

leicht abgefangen werden können und eine Sicherheitsfeder sich erübrigt, während die Abstützung an der Stelle der Kraftübertragung auch die freie Schwingung der Hinterachse zuläßt. Eine derartige Konstruktion, wie sie insbesondere für Vierzylinder-Dieselmotoren vorgesehen ist, ist aus Abb. 494 zu ersehen.

<sup>3</sup> Siehe auch W. J. Mc Cortney, Adhesion of Rubber to Brass Plate Metal »The Vanderbilt News« 3 (1933) H. 6 S. 8



In letzter Zeit ist auch ein Vorschlag bekanntgeworden, einen Gummiblock mit parallelogrammartigem Querschnitt zu verwenden, der entweder mit den normalen Metallteilen durch Vulkanisation fest verbunden werden kann oder der lediglich zwischen die Metallteile eingeklemmt wird.<sup>4</sup> Durch die Belastung wird der Gummiblock zu einer rechteckigen Form komprimiert, er wird somit lediglich auf Druck und praktisch nicht auf Abscherung beansprucht. Diese Vorrichtungen sollen sich für Motorlagerungen gut bewährt haben. In Abb. 495 ist unter A der Fahrgestellrahmen zu verstehen, in dem zwei Lagerblöcke B und D befestigt sind, von denen der obere beweglich ist und je nach der Belastung ein- oder ausgestellt werden kann. Das Gummilager C ist in der Mitte geteilt, um die Auswechslung zu erleichtern. Es wird in einer am Motorblock angebrachten Nute von etwa 6,5 mm Tiefe gehalten.

### Die Verwendung von Gummi in Kraftübertragungssystemen

Es ist im besonderen die Auffassung der Automobilkonstruktoren, das Gummi als geeignetes Puffermaterial in der Kraftübertragungsanlage

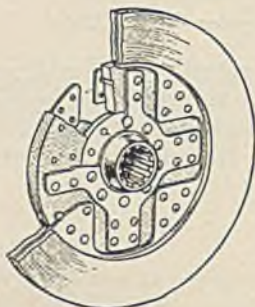


Abb. 496\*. Kupplung unter Verwendung von gummiertem Kanevas



Abb. 497\*. Kupplungs-scheibe

insbesondere bei schweren Lastkraftwagen, anzusprechen ist. Ganz allgemein findet man heute die Anwendung zweier biegsamer Kupplungen aus gummiertem Gewebe zwischen Motor- und Getriebekasten, um die Ungenauigkeiten der Ausrichtung und des Drehmomentes abzuschwächen. Während die Anwendung kleinerer oder größerer gummierter Kupplungs-scheiben zwischen Getriebe und Hinterachse in schweren Personenzug- und Lastkraftwagen noch üblich ist, findet die reine Gewebescheibe nur mehr in leichteren Fahrzeugen Anwendung. Die Verwendung von Gummi und gummierten Kanevasselementen wird heute von vielen Fabrikanten auch in den Kupplungen zur Anwendung gebracht. Derartige Anordnungen sind aus den Abb. 496 und 497 ersichtlich. Einen besonderen Fortschritt auf dem Gebiete der biegsamen Gewebekupplungen zwischen Motor und Getriebe sowie Getriebe und Hinterachse verdanken wir Hardy. Diese aus gummiertem Gewebe bestehenden Scheiben haben

<sup>4</sup> Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 1174

wegen ihrer Einheitlichkeit und Geräuschlosigkeit sowie wegen des Fortfalls jeglicher Schmierung sehr bald weitestgehenden Eingang in die Automobilindustrie gefunden. Die Art und Weise wie die Hardy-scheiben zwecks Ermöglichung der Verbindung ausgerüstet sind, ist außerordentlich unterschiedlich und hängt weitgehend von dem jeweiligen Spezialwerk ab. Aus Abb. 498 ist beispielsweise die Verbindung zwischen Getriebekasten und Kardanwelle ersichtlich. Aus Abb. 499 kann man die Art und Weise erblicken, wie bei einer derartigen Hardy-scheibe sowohl das Gewebe als auch die Deckplatten festgehalten werden. Eine andere Art der Verbindung, wie sie heute in zunehmendem Maße Anwendung findet, ist aus Abb. 500 ersichtlich. Hier bedient man sich eines Gummis, der an die innere und äußere Metall-

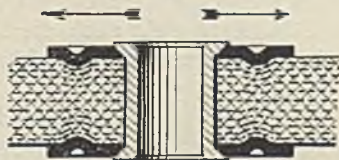


Abb. 499°. Hardy-scheibe (Detail)

Querschnitt durch die Deckplatten. Man sieht, wie die Vertiefungen der Platten das Gewebe zusammenpressen

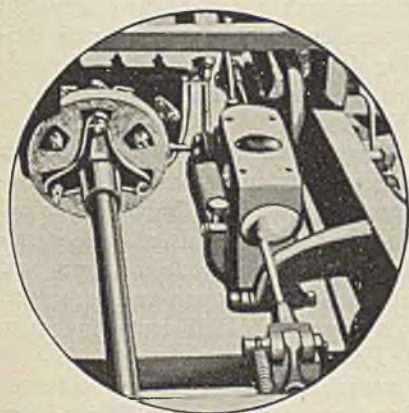


Abb. 498°. Hardy-scheibe

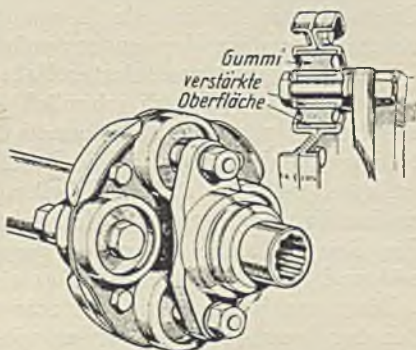


Abb. 500°. Verbindung für Kraftübertragungsaggregate

hülse aufvulkanisiert ist. In neuerer Zeit findet Gummi auch zunehmende Verwendung als schwingungsfreie Kraftübertragung bei anderen zusätzlichen Aggregaten, wie beispielsweise Lichtmaschinenantrieb u. dgl.

So einfach das Problem der Verwendung von Gummi als Zwischenglied in Kraftübertragungssystemen auch zu sein scheint, so kann man doch die Behauptung aufstellen, daß die ideale Lösung hierfür noch nicht gefunden ist. Die Verwendung von gummiertem Gewebe, so große Vorteile sie auch gegenüber einer starren Verbindung gebracht hat, muß dennoch vom Standpunkt des Kautschukfachmannes als nicht restlos befriedigend bezeichnet werden, da ja durch die Verwendung von Gewebe als Grundlage für die Gummierung die wertvollen Eigenschaften des Gummis weitestgehend verlorengehen. Die Verwendung von einvulkanisierten Gummistücken hat bis heute wohl deshalb noch nicht restlos befriedigen können, weil die hier zumeist auftretenden Scher-



kräfte auf verhältnismäßig kleinen Flächengebieten allzu große Anforderungen an die Haltbarkeit des angewandten Gummis stellen. Des weiteren muß auch bedacht werden, daß die Zerstörung eines solchen Teiles die Auswechslung des Gesamtteiles erfordert, wozu mitunter langwierige Montagen erforderlich sind, ganz abgesehen von den hieraus erwachsenden Kosten. Man würde dem Ideal wohl am ehesten dadurch näher kommen, wenn man eine Möglichkeit findet, fertig vulkanisierte Gummiteile auf die zu belegenden Metallteile im einfachen Kaltklebverfahren fest aufzubringen. Dann würde man bei einer etwa auftretenden Beschädigung nur den zerstörten Gummiteil auszuwechseln haben, wodurch sowohl die Arbeit als auch die Kosten des Ersatzstückes schon im Rahmen des Tragbaren zu liegen kämen.

### Gummi in den Bremssystemen

Auf die steigende Verwendung von Gummi bei der Herstellung von Bremsbacken und Kupplungsscheiben hier näher einzugehen, erübrigt sich, und es sei diesbezüglich auf den separaten Abschnitt »Gummi in Reibungselementen« verwiesen. Aber außer den bereits erwähnten Anwendungsgebieten finden wir in modernen Automobilkonstruktionen noch vielseitige andere Verwendungsmöglichkeiten.

Die Auffassung routinierter Fahrer besagt, daß der Fuß des Lenkers eine sicherere und auch erheblich weniger ermüdende Kontrolle der Pedale zuläßt, wenn sie mit Gummi überzogen sind. Wir finden daher bei einzelnen Fabrikaten bereits Pedale mit fest aufvulkanisierten Gummiauflagen, während andere Fabriken die reinen Metallpedale liefern und es dem Fahrer überlassen, sich aufziehbare Gummikappen zu beschaffen. Ein Beispiel einer derartigen Kappe ist aus Abb. 501 zu entnehmen, während Abb. 502 eine aufvulkanisierte Pedalaufgabe zeigt.

Die verschiedenen, oft sehr schwer zugänglichen Gelenke und Lagerungen der Bremsgestänge werden von einzelnen Firmen durch Silent-Bloc-Elemente ersetzt. So vorteilhaft dieser Gedanke bei derartigen der Schmierung schwer zugänglichen Gelenken auch sein mag, so darf hier nicht übersehen werden, daß diese Gelenke dem Fußdruck erheblich höheren Widerstand entgegensetzen und für den Fall einer Ermüdung oder Zermürbung eine gleichmäßige Bremswirkung ausschalten. Manche Fabrikanten schützen auch einzelne Teile des Bremsgestänges durch Überziehen mit geeigneten Gummimanschetten, wie dies beispielsweise aus Abb. 503 und 504 hervorgeht, gegen den Eintritt von schwer entfernbarem Schmutz und dergleichen.

Die zunehmende Geschwindigkeit der modernen Kraftfahrzeuge hat eine erhöhte Bremswirkung gefordert, so daß die bisher meist üblichen Bremssysteme mit Bowdenzügen den hydraulischen oder mit Preßluft wirkenden Bremskonstruktionen mehr und mehr weichen mußten. In Abb. 505 ist das System der hydraulischen Lockheed-Bremse wiedergegeben. Der Fußhebel drückt auf eine Flüssigkeit in einem Hauptzylinder, wobei der Druck zu den einzelnen Bremsaggregaten durch biegsame Gummischläuche übertragen wird. Hierbei sind noch die Enden der

einzelnen Radzylinder mit Gummischuhen bedeckt, um sie vor Staub oder Schmutz zu bewahren. In letzter Zeit sind eine ganze Anzahl von Bremsvorrichtungen, die im Prinzip mit dem Lockheedgedanken übereinstimmen, bekanntgeworden, die ebenfalls eine vielseitige Anwendung von Gummi mit sich gebracht haben. Eine besonders bekannte Konstruktion ist aus Abb. 506 zu entnehmen. An Gummiteilen finden wir hier die

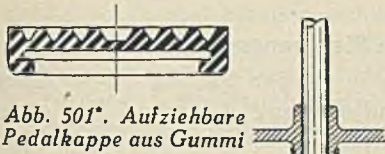


Abb. 501\*. Aufziehbare Pedalkappe aus Gummi



Abb. 502\*. Aufvulkanisierte Gummiauflage



Abb. 503\*. Gummimanschette für Bremsgestänge

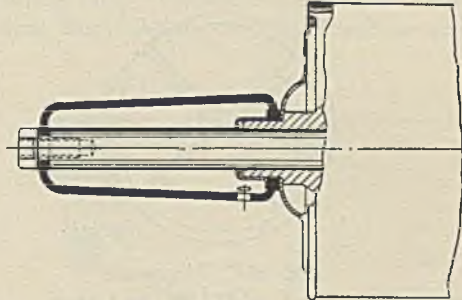


Abb. 504\*. Gummimanschette für Bremsgestänge

Hauptkolbenschale B, der Sitz für die Ventile G und J und die zusätzliche Kolbenschalendichtung K, ferner den Gummischuh L, der das Eindringen von Schmutz verhindern soll.

Moderne Fahrzeuge sind heute fast ausschließlich mit sogenannter Zentral-Eindruckschmierung ausgerüstet. Dieselbe beruht im Prinzip

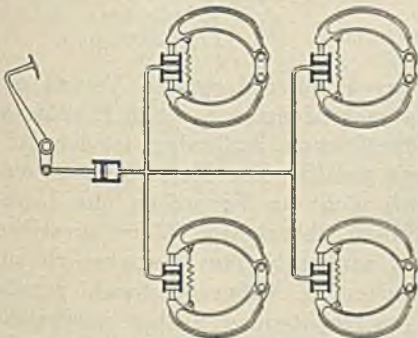


Abb. 505\*. Lockheed-Bremse

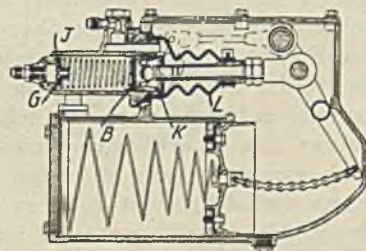


Abb. 506\*. Bremskonstruktion

darauf, daß aus einem kleinen Ölvorratsgefäß mittels geeigneter Leitungen das Schmieröl durch einen einfachen Pedaldruck an alle Schmierstellen befördert werden kann. Während die Verbindungen überall dort wo keine Lageveränderung der zu schmierenden Teile vorliegt, zumeist mittels Kupferröhrchen erfolgt, wird das Schmieröl zu den Aggregaten, die im Betrieb ihre Lage verändern, wie z. B. die Vorderräder, mittels



Gummischläuchen befördert, die eine bewegliche Metallschlauchseele aufweisen. Die Herstellung dieser Druckschläuche erfordert besondere Sorgfalt, da die kleinste Undichtigkeit zu einer Störung des Gesamtschmiersystemes führen kann.

### Die Verwendung von Gummi im Steuerungsmechanismus

In Amerika und in letzter Zeit auch in Europa hat die Verwendung hartgummierter Steuerräder zunehmend Eingang gefunden. Bei sachgemäßer Herstellung und entsprechender Metallarmierung (vor reinen Hartgummirädern sei wegen der immerhin erhöhten Bruchgefahr ge-

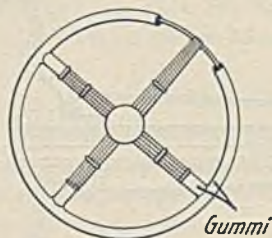


Abb. 507°. Biegsames Lenkrad

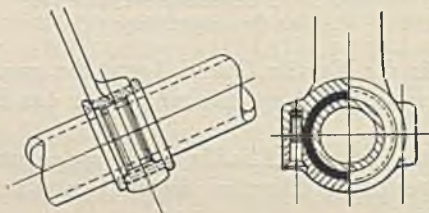


Abb. 508°. Lagerung der Steuersäule

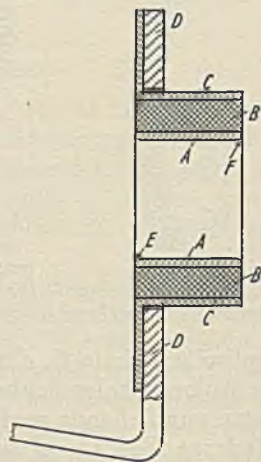


Abb. 509°. Abstützung des Schaltrohres bei Frontantrieb

wart) haben sie gegenüber den älteren Holzrädern den Vorteil des hohen Widerstandes gegenüber den verschiedensten äußeren Einflüssen, wie Feuchtigkeit, Ölen, Benzin und dergleichen. Außerdem ist der Griff des Rades angenehm und das Äußere gefällig. Die Herstellung erfolgt zumeist in Preßformen. Es fehlt auch nicht an Versuchen, die Lenkränze mit einer Weichgummischicht zu überziehen. Wenn dieselben noch wenig Eingang gefunden haben, so beruht dies vornehmlich auf ihrem vielleicht nicht ganz so ansprechenden Äußeren, obwohl gerade die Weichgummiüberzüge in beliebigen leuchtenden Farben hergestellt werden können. Die hohe Griffigkeit des Weichgummiüberzuges würde sie vom Standpunkt des Fahrers aus ganz zweifellos gegenüber jeder anderen Lenkradkonstruktion auszeichnen.

In letzter Zeit macht sich immer mehr der Wunsch nach biegsamen Steuerrädern bemerkbar, so daß auch hier die Verwendung von Gummi zunehmend Platz greift. In Abb. 507 ist ein völlig biegsames Steuerrad abgebildet, das einen aus Federstahldraht gebogenen Kranz aufweist. Um den Kranz und um die aus 1,5 Zoll dicken aus Stahlblech hergestellten

Speichen ist ein Überzug aus einer zähen Gummimischung gezogen. Diese Konstruktion gestattet sowohl tangential, als auch vertikale Biegsamkeit. Die Befestigung der Steuersäule an der Spritzwand wird heute vielfach unter Verwendung von Gummilagern vorgenommen, wodurch die geringen oft auftretenden Schwingungen der Spritzwand nicht auf die Steuerung übertragen werden (Abb. 508).

Besondere Schwierigkeiten bietet die ruhige Abstützung des Schaltrohres von Frontantriebswagen. Hier liegt nun eine kürzlich bekanntgewordene, ganz neue Wege einschlagende Konstruktion vor, wie sie aus Abb. 509 zu entnehmen ist. Die Büchse A, die mit Gummi B und der äußeren Büchse C fest durch Vulkanisation verbunden ist, ist in ihrem Durchmesser etwas größer als dem Durchmesser des Schaltrohres entsprechen würde. Dieses Werkstück ist mit der Spritzwand D fest verschraubt. Das Schaltrohr wird nun unter schwacher Neigung durch die innere Büchse durchgeführt, so daß es beispielsweise in den Punkten E und F auf die Büchse A einen Druck ausübt und somit die Gummilage B komprimiert. Auf diese Art und Weise ist es möglich, eine völlige erschütterungsfreie, sichere und keiner Schmierung bedürftige Abstützung zu erzielen.

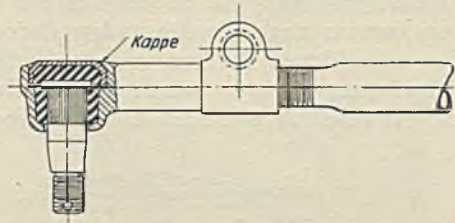


Abb. 510\*. Abschluß eines Steuerhebels durch Gummi

Die Verwendung von Gummiteilen im Steuerungsmechanismus zwecks Vermeidung des Eintrittes von Fett und Wasser sei der Vollständigkeit halber erwähnt.

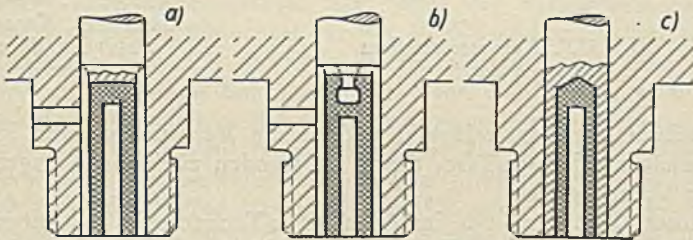


Abb. 511\*\*. Tachometerverbindungen

Manche Konstrukteure wenden heute schon in größerem Ausmaße Gummi bei den verschiedenen Steuerungsgelenken an, um weitestgehende Stoßdämpfung des Steuerungsmechanismus zu gewährleisten. Einige Fabriken schließen die Steuerhebel noch mit besonderen Gummikappen ab, um der Entstehung von Schwingungen an den Enden der Stoßstangen vorzubeugen. Der Gummi ist in diesem Fall, wie aus Abb. 510 ersichtlich, sowohl mit der Kappe als auch mit den Bolzen durch Vulkanisation fest verbunden.



Der Vollständigkeit halber sei hier nur noch auf eine ebenfalls neue Konstruktion hingewiesen, die sich die Vermeidung des tickenden Tachometergeräusches zur Aufgabe gestellt hat. Derartige Konstruktionen eines geräuschlosen Tachometers sind aus Abb. 511 ohne weiteres zu entnehmen. Die Konstruktion besteht im Prinzip darin, daß die Antriebswelle mit der zum Anzeigeelement führenden Welle durch eine Gummilagerung, die einvulkanisiert ist, verbunden wird. Durch dieses elastische Zwischenstück werden alle Geräusche vermieden.

### Die Verwendung von Gummi im Karosseriebau

Die Verwendung von Gummi im Aufbau der Karosserie sowie in ihrem Zusammenbau mit dem Fahrgestell ist ebenfalls in den letzten Jahren erheblich gestiegen und außerordentlich vielseitig geworden. Während bis vor kurzem noch die führenden Automobilfabriken Filzlagen zwischen den eigentlichen Aufbau und das Fahrgestell zwecks Abdämpfung der Schwingungen legten, wird in letzter Zeit in zunehmendem Maße Gummi zur Anwendung gebracht. Einzelne Konstrukteure ziehen Gummipplatten

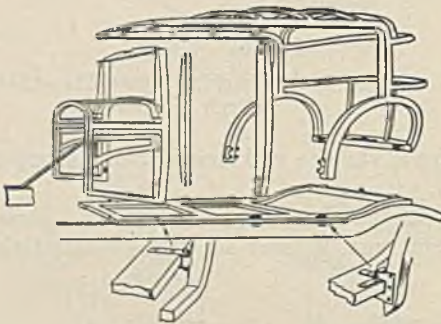


Abb. 512°. Karosserieaufbau nach Daste

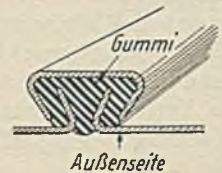


Abb. 513°. Verbindung der Karosseriebleche durch Gummi

als Zwischenlagen vor, während andere die Verwendung von kleinen Gummipolstern oder -puffern, die in Abständen zueinander angebracht sind, den Vorzug geben.

In neuester Zeit wird, wie im Abschnitt »Technologie des Latex« bereits erwähnt, eine in der Kälte selbst abbindende Latexmischung als Spachtelmasse bei dem Aufbau der Karosserie auf das Fahrgestell mit Erfolg angewandt, da sie nicht nur eine einwandfreie Verfüzung, sondern auch eine elastische Abdichtung gestattet. Auch das Überziehen der einzelnen Karosserieblechteile mit einer dünnen schalldämpfenden Gummischicht unter Verwendung von Latex hat bereits mit Erfolg bei einzelnen Fabriken Eingang gefunden. Von besonderem Interesse dürfte die Auskleidung der Innenbleche von Kotflügeln sowie der frei nach unten liegenden Motorenteile sein, da hierdurch sowohl eine Beschädigung durch Steinschlag als auch der hier verursachte dröhnende Lärm restlos vermieden werden kann.

Von besonderem Interesse erscheint in diesem Zusammenhang das Daste-System (Abb. 512), das sich zur Verbindung des Fahrgestellrahmens mit den starren Teilen des Aufbaues der Silent-Bloc-Elemente bedient. Von dieser Konstruktion wird behauptet, daß sie selbst bei schwerster Beanspruchung auf schlechten Straßen völlig geräuschlose Karosserien zu bauen gestattet. Ein interessanter Vorschlag stammt von der International Corporation of New York, die die einzelnen Karosserie-Blechteile durch geeignete Gummiprofile, die fest verschraubbar sind, zusammensetzt. In diesem Zusammenhang sei auch ein anderer Vorschlag ähnlichen Prinzips erwähnt, bei welchem die zu verwendenden Teile der Außenhaut nach innen umgebörtelt sind und in entsprechende Ausnehmungen eines Gummiprofils eingelegt werden, das seinerseits wieder durch eine ein- oder mehrteilige Umfassungsschiene gehalten werden kann (Abb. 513).<sup>5</sup> Das Profil ist so konstruiert, daß es vor der Montage



Abb. 514\*. Türpufferklappen aus dünnem Messingblech



Abb. 515\*. Gummiabdichtung von Türen

die Börtelränder leicht aufnimmt, während nach der Montage durch die nach außen überkragenden Spitzen das Herausragen der Bleche verhindert wird. Bei Konstruktion der Türen finden wir heute fast allgemein die Anwendung von mit Gewebe armierten Gummipfatten, um ein Nachrückwärtsschlagen der Tür beim Öffnen zu verhindern. Daß Gummi bei allen Türanschlüssen als Puffer der verschiedensten Konstruktion Anwendung findet, sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Im Zusammenhang mit den Türpuffern muß aber auf einen oft unangenehm empfundenen Nachteil hingewiesen werden. Da es bis heute nicht gelungen ist, einen wirklich quietschfreien Gummi herzustellen, so werden gerade die Türpuffer immer wieder die Ursache quietschender und schreiender Geräusche bilden. Um dies zu verhindern, wird vielfach vorgeschlagen, die Puffer öfters mit Paraffin und dergleichen zu überziehen, eine zweifellos nicht gerade sehr angenehme Arbeit, deren Erfolg außerdem recht problematisch ist. Deshalb haben manche Fabriken es vorgezogen, die Puffer mit dünnen Messingblechkappen zu überziehen, so daß an sich ein metallischer Kontakt vorliegt, der aber infolge der Dünne und Konstruktion der angewandten Kappen die elastischen Eigenschaften der darunterliegenden Gummipuffer noch gut zur Wirkung kommen läßt (Abb. 514). Vielfach finden wir in den einzelnen Türkonstruktionen noch Gummiabdichtungen zwecks Vermeidung von Zug, wie sie beispielsweise aus Abb. 515 ersichtlich sind.

<sup>5</sup> Es gibt auch Vorschläge die Karosseriebleche durch Gummi direkt zusammen zu vulkanisieren. Siehe z. B. D. R. P. 581 701/33.



Vielseitige Anwendung findet heute Gummi in der Konstruktion der Fenster, insbesondere wo es sich um die Anbringung fest eingelassener Fenster handelt. Zu diesem Zweck werden die verschiedensten Profilmgummi angewandt. Auch für bewegliche Fenster findet heute Gummi, mit Samt oder dergleichen bedeckt, als Führung vielseitige Anwendung. Hier

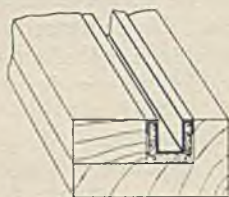


Abb. 516\*. Fensterlaufschiene

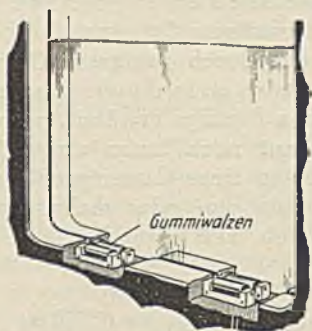


Abb. 517\*. Fensterführung durch Gummiwalzenpaare nach Rola

wird nicht nur massiver Gummi, sondern auch hohle Gummiprofile oder Moosgummi verwendet. Eine derartige Laufschiene ist schematisch aus Abb. 516 ersichtlich. Auch die Verwendung von Kautschukführungsrollen an Stelle metallener Rollen bei beweglichen Fensterkonstruktionen findet zunehmende Verwendung. Aus Abb. 517 ist beispielsweise eine englische derartige Konstruktion ersichtlich. Zwei kleine Gummiwalzenpaare ge-

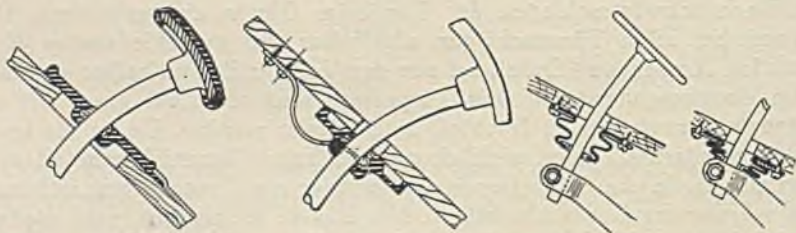


Abb. 518\*. Abdichtung der Pedalöffnungen

statten hier die erschütterungsfreie und geräuschlose Auf- und Niederbewegung des Fensters (System Rola). Auch die Windschutzscheiben werden heute fast ausschließlich mit geeigneten Gummiprofilen umfaßt, so daß sie erschütterungsfrei gelagert sind, wobei das Gummiprofil gleichzeitig als Abdichtung gegenüber eintretendem Regen und dergleichen dient.

Die Verwendung von Gummimatten als Bodenbelag ist so bekannt, daß eine weitere Erörterung sich erübrigen dürfte, wohingegen die besondere Abdichtung der Pedalöffnungen vielleicht doch von Interesse ist. Aus Abbildung 518 sind verschiedene derartige Konstruktionen zu entnehmen.

In diesem Zusammenhang sei aber auch erwähnt, daß selbst die an besser ausgerüsteten Wagen vorhandenen Plüschteppiche und dergleichen vielfach Unterlagen aus Gummi aufweisen, die teils durch Aufkleben von Gummiplatten, teils aber durch Aufspritzen geeigneter Latexmischungen erhalten werden. Derartige Unterlagen bezwecken eine möglichst dichte Abdeckung gegen den Karosserieboden, die Verhinderung des Eindringens irgendwelcher Feuchtigkeit, sie verhindern des weiteren jegliches Rutschen des Teppichs und gestatten die Verwendung billigerer Plüschsorten, da insbesondere bei Verwendung von Latex die Plüschfaserbüschel auf der Unterseite fest verankert werden, so daß ein Herausfallen derselben erheblich erschwert wird.



Abb. 519°. Scheibenwischer

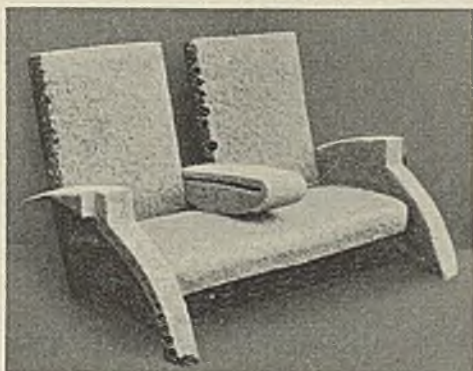


Abb. 520. Hairlok-Sitz  
(E. Hauenschild, Hamburg)

Bei Scheibenwischern werden heute im allgemeinen flache Gummistreifen verwendet. Da aber die Wischer mit einer einzelnen Gummiflane nicht immer zufriedenstellend funktionieren, ist man in letzter Zeit dazu übergegangen, mit Vorteil Wischer, die aus mehreren Streifenlagen bestehen, anzuwenden. Eine der neuesten Konstruktionen auf diesem Gebiet ist aus Abb. 519. zu ersehen.

Ein für die Verarbeitung von Gummi besonderes Anwendungsgebiet stellt die Polsterung von Automobilen dar. Die Verwendung pneumatischer Kissen ist ebenso alt wie die Automobilindustrie selbst. Selbstverständlich hat sich auch die Konstruktion dieser Luftkissen im Laufe der Jahre dank der stets fortschreitenden Technik geändert und verbessert. Eine der modernsten Entwicklungen auf dem Gebiete der Automobilpolsterungen stellt der sogenannte Dunlo-Pillo-Sitz dar, über den bereits im Abschnitt »Schwammgummi« ausführlich berichtet worden ist, so daß sich ein weiteres Eingehen hierauf an dieser Stelle erübrigt. Ebenfalls eine Errungenschaft der allerletzten Jahre stellt der sogenannte »Hairlok-Sitz« dar (Abb. 520). Es handelt sich hier, wie im Abschnitt »Technologie des Latex« beschrieben wird, um eine neuartige, durch Bedecken von Roßhaar und dergleichen mit Latex hergestellte lockere, außerordentlich elastische Polstermasse, die gegenüber der normalen Roßhaarfüllung beliebige Formbarkeit aufweist. — Der Lampligh-Sitz besteht aus einer Serie flacher Stahlfedern, die eine Schwammgummi-Auflage aufweisen. An Stelle des Schwammgummis



kann natürlich ebenso gut eine Hairloklage Anwendung finden. — Schließlich haben wir noch eine Anzahl sogenannter Diaphragmensitze in Gebrauch. Sie bestehen in der Regel darin, daß über eine geeignete Unterlage oder einen geeigneten Rahmen Gummi in Bandform so gespannt wird, daß eine gewebeartige Struktur sich ergibt, auf der weiteres Polstermaterial verschiedenster Art angebracht werden kann. Welche der erwähnten Polsterungen von den einzelnen Fabriken zur Anwendung gebracht wird, hängt, abgesehen von der Preisfrage, dem Gewicht und der tatsächlichen Bequemlichkeit, heute wohl noch von dem jeweiligen Karosseriebauer ab. Während einige den Polsterungen aus Schwammgummi den Vorzug geben, neigen wieder andere zur Verwendung des lockeren, außerordentlich luftdurchlässigen Hairlokpolders. Auf jeden Fall kann gesagt werden, daß die Entwicklung auf dem Gebiete der Erzeugung komfortabler und gleichzeitig hygienischer Polstermaterialien soweit vorgeschritten ist, daß mit der unhygienischen und keineswegs zufriedenstellenden alten Polsterungsmethode unter Verwendung von Material meist sehr fragwürdigen Ursprungs endlich aufgeräumt werden sollte.

### **Gummi in den elektrischen Systemen**

In den elektrischen Systemen wird Gummi vornehmlich in Form von Hartgummi für die Batteriekästen angewandt. Ferner findet er Anwendung bei der Herstellung der Zünd- und Lichtkabel als Schutzhülle, als Zündkerzenstecker, als Isolation für die verschiedensten Kontaktstellen und dergleichen. In letzter Zeit hat man auch gelbgefärbte halbtransparente Gummikappen für die Scheinwerfer herausgebracht, die sich insbesondere bei Nebel gut bewähren sollen. Ein besonderes Anwendungsgebiet, über das ebenfalls schon sowohl in dem Abschnitt über »Gummierte Stoffe« als auch in dem Abschnitt »Technologie des Latex« berichtet wurde, bezieht sich auf die Herstellung der Verdeckstoffe, insbesondere für Kabrioletts sowie für die sogenannten Roll- oder Sonnenverdecke, da diese für die heutige Automobilindustrie benötigten Materialien, wie erwähnt, an anderer Stelle bereits besprochen wurden, genügt hier ein Hinweis darauf.

### **Mischungen und Standardvorschriften**

Bezüglich der für die so vielseitige Verwendung von Gummi im Automobil- und Karosseriebau anzuwendenden Mischungen an dieser Stelle eingehendere Angaben und Vorschriften zu machen, erscheint nicht angezeigt, da wir leider insbesondere in Europa noch nicht annähernd so weit sind, daß man von einer zweifellos im Interesse des Fabrikanten, sowie des Käufers gelegenen Standardisierung bzw. Normung der jeweils anzuwendenden Qualität reden könnten. Es wäre daher erwünscht, wenn in Kürze Automobil- und Gummiwarenfabrikant in dieser Richtung eine engere Zusammenarbeit herbeiführen würden, um durch gemeinsame Arbeiten und Prüfung die jeweils sich am geeignetsten erweisenden Qualitäten festlegen zu können. — Insbesondere gilt dies für all die Gummibestandteile, die besonders starken Anforderungen

standhalten müssen, wie den Motoraufhängungen und den Teilen, die zur Kraftübertragung im allgemeinen Anwendung finden. Hier genügt nicht nur die Festlegung der jeweils geeigneten Härten, sondern wir müssen auch in vielen Fällen der Frage der Öl- und Temperaturbeständigkeit und vieler anderer Faktoren besondere Aufmerksamkeit widmen, wenn wir nicht in kürzester Zeit nach erfolgtem Einbau eine mehr oder minder weitgehende Zerstörung gewärtigen wollen.

Diese kurze und keineswegs auf Vollständigkeit Anspruch machende Darstellung der Anwendung von Gummi im Karosserie- und Automobilbau dürfte genügen, dem für dieses Gebiet besonders interessierten Leser nicht nur die Vielseitigkeit der Anwendungsmöglichkeiten und die Bedeutung, die dem Gummi im modernen Automobilbau bereits zukommt, zu illustrieren, sondern sie wird vielleicht manchem Gummiwarenfabrikanten sowie Autokonstrukteur die Anregung zu weiteren Versuchen geben mit dem Ziel, die Verwertbarkeit des Gummis auch noch an anderen Stellen mit Erfolg zu erproben.

Besonderer Dank gebührt an dieser Stelle der »R u b b e r G r o w e r s A s s o c i a t i o n« in London für die Genehmigung, mich bei der Behandlung des vorliegenden Abschnittes und insbesondere bei der Zusammenstellung der Illustrationen der von ihr verlegten und von C o l i n M a c b e t h verfaßten Monographie »Rubber and Automobiles« bedienen zu dürfen. Ich habe hiervon auch ausgiebigsten Gebrauch gemacht.<sup>6</sup> Der Gesellschaft für Technischen Fortschritt in Berlin sei hier nicht nur für die Überlassung einer Anzahl Abbildungen<sup>7</sup>, sondern insbesondere für ihre außerordentlich wertvollen Ratschläge gedankt. — Auch Herrn Ing. G. A. S c h r e i b e r, Detroit, Michigan, USA., sei an dieser Stelle für seine Hilfe in der Beschaffung von Unterlagsmaterial sowie für seine Ratschläge aufrichtigst gedankt.

<sup>6</sup> Die mit einem Stern versehenen Abbildungen sind der Monographie »Rubber and Automobiles« entnommen.

<sup>7</sup> Die mit zwei Sternen versehenen Abbildungen sind von der »Gesellschaft für Technischen Fortschritt« (Berlin) zur Verfügung gestellt worden.





# RADIERGUMMI

VON DIPL. ING. DR. PHIL. JOSEF TALALAY, LONDON

Die Radierfähigkeit des Kautschuks ist frühzeitig erkannt worden. Bereits in Priestleys »Familiar Introduction to the Theory and Practice of Perspective«, die im Jahre 1770 erschien, findet sich ein Hinweis auf den Londoner Mechaniker E. Nairne<sup>1</sup>, der in seiner Werkstatt Stücke rohen Paragummis führte, die sich vorzüglich zum Radieren von Bleistift und Kohle eigneten. Die Fähigkeit, Inschriften und Zeichnungen durch Reiben zu entfernen, gab auch dem Kautschuk den in angelsächsischen Ländern gebräuchlichen Namen *India Rubber*.

Das Prinzip, das der radierenden Wirkung zugrunde liegt, ist nicht bei allen Radiergummiarten das gleiche. Es richtet sich danach, ob die zu entfernende Inschrift sich lediglich auf der Oberfläche des Papiers befindet oder bereits teilweise in die Unterlage eingedrungen ist.

Im ersten Falle (Entfernen weicher oder schmierender Inschriften, z. B. von Blei-, Tintenstift-, Farbstift- oder Kohlenstrichen usw.) nimmt der Gummi den Graphit oder Farbstoff durch *Adhäsion* an, um sodann dank seines geringen Abnutzungswiderstandes die verschmutzte Gummischicht abzureiben und somit stets eine frische Radierfläche zu zeigen.

Im zweiten Falle (Radieren von Tinte, Tusche, Schreibmaschinenschrift) sind es dagegen scharfkantige, im Gummi enthaltene Ingredienzien, die einem Radiermesser gleich, die oberste Papierschicht abschaben und so die Inschrift entfernen. Dem Gummi kommt hier lediglich die Rolle des Bindemittels zu. Während man früher der Ansicht war, daß zur Vermeidung eines übermäßig schnellen Verbrauches und zur Erzielung einer gewissen mechanischen Festigkeit der Tintengummi hart und widerstandsfähig sein müsse, ist man vor nicht allzulangen Jahren — wohl zuerst in den Vereinigten Staaten — zu der Erkenntnis gekommen, daß man bessere Radierwirkung bei größerer Schonung des Papiers erzielt, wenn man die Eigenabnutzung des Gummimaterials erhöht und gleichzeitig ein *leichtzerreibliches* Radiermittel nimmt. Man erreicht auf diese Weise eine stets frische, von anhaftendem Papierstaub freie und mit feinen scharfkantigen Ingredienzien besäte Radierfläche. Seit einigen Jahren haben auch die deutschen Fabriken derartige Tintengummifabrikate auf den Markt gebracht, die sich übrigens wegen ihrer relativen Weichheit und leichten Abnutzung auch zum Radieren von Blei- und Tintenstift eignen. Sie werden oft mit dem Namen »Universalgummi« belegt.

Den verschiedenartigen Anforderungen der Praxis entsprechend ist eine große Zahl vorzüglicher Radiergummiarten entwickelt worden. Dies konnte naturgemäß nur durch zweckmäßigen Aufbau der Mischungen und insbesondere durch geschickte Wahl der Ingredienzien erreicht

<sup>1</sup> Vgl. Speter, M. — Gummi-Ztg. 43 (1929) S. 2270/71



werden. Zuerst soll daher das für die einzelnen Mischungszusätze typische Verhalten im Radiergummi Darstellung finden.

**Faktis.** Der wichtigste Zusatz in Radiergummimischungen ist der Faktis. Der weiße und in geringerem Maße auch der braune Faktis machen die Mischung lockerer und voluminöser und erhöhen so die Abnutzungsfähigkeit des Radiergummis. Darüber hinaus steigern sie die Elastizität des Produkts und begünstigen dadurch die Adhäsion des Graphits oder Farbstoffs. Da der braune Faktis nicht so helle oder leuchtend gefärbte Vulkanisate liefert wie der weiße, ist seine Verwendung auf braune oder dunkelgefärbte Radiergummiarten beschränkt. Er hat aber den Vorteil, daß er im Gegensatz zum weißen Faktis keine hemmende Wirkung auf die Vulkanisation und die meisten Beschleuniger ausübt. Man kommt bei Mischungen, die braunen Faktis enthalten, mit einem kleineren Schwefelzusatz aus, und die Gefahr des Ausschweifens ist geringer.

Der weiße Faktis muß, wenn er für die Herstellung von Radiergummi geeignet sein soll, elastisch, voluminös, trocken und gut neutralisiert sein und sich mit geringen Mengen Zinkweiß vertragen.<sup>2</sup> Da die Herstellung von Faktis an anderer Stelle dieses Handbuches ausführlich behandelt wird, möge hier je eine Durchschnittsanalyse der in den später angegebenen Mischungen verwandten weißen Faktisse genügen:

	Faktis weiß A.		Faktis weiß B.	
	%		%	
Bei 100° flüchtig	—	—	1,08	—
Acetonlöslich	—	3,93	—	17,81
Freier Schwefel	—	0,28	—	0,37
Gesamt unverseifbar	0,75	—	8,37	—
Gesamt verseifbar	73,27	—	44,60	—
davon Schwefel (an Fettsäure gebunden)	—	5,50	—	3,38
Asche	13,83	—	29,10	—
Chlor	7,79	—	5,30	—
Gesamtschwefel	—	7,07	—	4,89
Kieselsäure	—	10,80	—	26,40
Tonerde + Eisenoxyd	—	1,00	—	0,30
Kalk	—	0,80	—	0,30
Magnesia	—	0,90	—	0,80
SO <sub>3</sub>	—	0,20	—	0,20
Cl <sub>2</sub>	—	Spuren	—	0,60

Wegen seines entscheidenden Einflusses auf die Eigenschaften des fertigen Produktes, ebenso wie auf die Vulkanisationsbedingungen, ist es dringend zu empfehlen, jede Lieferung von weißem Faktis zu kontrollieren. Dies geschieht am besten durch einen größeren Betriebsversuch mit einer faktisreichen Testmischung.

<sup>2</sup> Wie bekannt, verträgt sich weißer Faktis mit Zinkweiß häufig insofern nicht, als bei größerem Zinkweiß-Zusatz mit ihm hergestellte Mischungen in der Vulkanisation stark dunkeln.

Der braune Faktis muß verhältnismäßig weich, aber gut ausvulkanisiert und trocken sein, eine helle Farbe und einen möglichst schwachen Geruch aufweisen. Der in ihm vorhandene Schwefel muß vollständig gebunden sein, und der Faktis darf keine Zusätze enthalten, die an die Oberfläche des Radiergummis diffundieren können (wie z. B. Ceresin usw.).

Öle (Erweichungsmittel). Neben der Frage nach dem richtigen Faktis ist die Wahl eines geeigneten Öles von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Dem Öl fällt die Aufgabe zu, der Mischung bleibende Geschmeidigkeit zu geben. Außerdem soll es die Mischung verbilligen. Das Öl muß daher im wesentlichen hell, geruchfrei und nicht trocknend sein; — die Radiergummi härten sonst nach und werden unbrauchbar. Es darf ferner nicht an die Oberfläche der Radiergummiplatte ausschwitzen, muß in Kautschukmischungen gute Alterungseigenschaften aufweisen und eine erweichende, jedoch möglichst wenig depolymerisierende Wirkung haben.

Es ist nicht leicht, ein Öl zu finden, das gleichzeitig allen diesen Anforderungen entspricht. Am häufigsten verwendet man Fraktionen des Erdöls, aber auch hier scheiden zahlreiche Öle teils wegen ihrer schlechten Alterungseigenschaften, teils wegen ihrer starken desaggregierenden Wirkung aus. Die besten Ergebnisse erzielt man zur Zeit mit sogenannten Weißölen. Zu diesen gehört z. B. das Vaselinöl, ein besonders sorgfältig raffiniertes und entparaffiniertes Produkt der Mineralöldestillation. Spezifisches Gewicht 0,875 bis 0,880, Viskosität bei 20° C 5 und bei 50° C 1,8, Flammpunkt 155° C. Sehr geeignet ist ein Gemisch von sorgfältig raffiniertem Mineralöl und wenig Baumwollsaatöl.<sup>3</sup> Verwendbar sind auch nichttrocknende Pflanzenöle.

Füllstoffe. Von den Füllstoffen, die bei der Herstellung von Radiergummi Verwendung finden, seien hier genannt: Marmor, Kreide, Kaolin, Magnesia usta, Magnesia carbonica, Schwerspat, Lithopone und Kalk. Während Schwerspat und Kreide im wesentlichen der Verbilligung der Erzeugnisse dient, und Lithopone wegen seiner guten Verträglichkeit mit weißem Faktis als Weißfarbe zum Aufhellen bevorzugt wird, haben einige der aufgeführten Ingredienzien eine spezifische Wirkung im Radiergummi.

Das Marmor (gemahlener Marmor), ein hochwertiger, hellfarbiger Füllstoff, wirkt dank seiner feinkristallinen Struktur gleichzeitig als mildes Radiermittel und hat daher ausgedehnte Anwendung bei der Radiergummiherstellung gefunden.

Die Verarbeitung von Magnesia usta hat sich als besonders vorteilhaft in Mischungen mit viel weißem Faktis erwiesen — sowohl in Gegenwart als auch in Abwesenheit organischer Vulkanisationsbeschleuniger.<sup>4</sup> Ein Zusatz von 5 bis 10% auf die Menge des weißen Faktis hat

<sup>3</sup> Wie es z. B. von der Rubber Service Laboratory Co., Akron, Ohio, unter dem Namen Cyclone Oil in den Handel gebracht wird.

<sup>4</sup> Vermutlich beruht die Wirkung der Magnesia usta in diesem Falle darauf, daß sie die Salzsäure neutralisiert, die vom weißen Faktis während der Vulkanisation abgespalten wird, und sonst die Vulkanisation bzw. die Wirkung des Beschleunigers hemmen würde.



sich bewährt. Eine ähnliche, wenn auch schwächere Wirkung hat der Kalk.

Wegen seiner verstärkenden Wirkung und der damit zusammenhängenden Eigenschaft, den Abnutzungswiderstand der Mischung zu erhöhen, ist die Verwendung von K a o l i n im Radiergummi nicht günstig, doch wird man auf die Anwendung eines verstärkenden Füllstoffes nicht immer verzichten können, namentlich wenn es auf die Erzielung einer gewissen Stabilität in dünnen Schichten (wie z. B. beim Schreibmaschinengummi) ankommt.

Weitgehend wird in Radiergummimischungen M a g n e s i a C a r b o n i c a angewandt. Dank ihres großen Füllvolumens macht sie Mischungen mit reichlichem Ölzusatz trockener und weniger klebrig und erleichtert ihre Verarbeitung. In größeren Mengen zugesetzt wirkt sie verstärkend.

**Farbstoffe.** In erster Linie werden anorganische Stoffe zum Färben von Radiergummi benutzt, und zwar dienen für:

**R o t :** Zinnober, Selenrot (Schwefel seleniumcadmium), Goldschwefel und Eisenoxdrot.

Es ist interessant, daß Zinnober von allen roten Farbstoffen sich am besten bewährt hat. Bei Verwendung von Goldschwefel in Radiergummimischungen, namentlich wenn man über eine bestimmte Konzentration (10 bis 15 Gewichtsprozent auf Gummi) hinausgeht, tritt eine unangenehme Eigenschaft in Erscheinung: Der Radiergummi färbt bei stärkerem Radieren ab, zumal wenn die Radierfläche heiß wird.

**G r ü n :** Chromoxydgrün, wobei zu beachten ist, daß nicht alle im Handel befindlichen Sorten für den in Rede stehenden Verwendungszweck geeignet sind. Sie müssen auf ihre Vulkanisationsbeständigkeit geprüft werden.

**B l a u :** Ultramarinblau.

**G e l b :** Cadmiumgelb (Schwefelcadmium).

Die Verwendung a n o r g a n i s c h e r Farben hat zwar den Nachteil, das Produkt durch die erforderlichen großen Mengen zu verteuern, ohne die den organischen Farben eigene lebhaftige Farbwirkung zu erzielen; da aber die vulkanisationsbeständigen o r g a n i s c h e n Farbstoffe in noch höherem Maße als Goldschwefel zum Schmieren neigen (bereits bei einem Zusatz von 1% auf Rohgummi), ist ihre Verwendung leider auf ganz weiche, sich rasch abreibende Qualitäten beschränkt.

**Radiermittel:** Als Radiermittel finden Anwendung außer dem sehr milden, bereits bei den Füllstoffen erwähnten M a r m o r m e h l, G l a s s t e i n und in geringem Umfange Gebläsesand, Karborund, gemahlener Feuerstein usw. Von diesen verdient der Bimsstein besondere Erwähnung:

Bimsstein ist eine schaumige Abart vulkanischen Gesteins. Pulverisiert hat er ein spezifisches Gewicht von 2,3 bis 2,5 und meist

eine hellgraue Farbe.<sup>5</sup> Der natürliche Bimsstein hat eine faserige Struktur, die wahrscheinlich auf die ihm eigentümliche Wirkung in den Mischungen von Einfluß ist. Der sogen. künstliche Bimsstein (ein Gemisch von Quarzsand und gebranntem Ton) zeichnet sich durch größere Härte aus und ist daher für die Radiergummierherstellung wenig geeignet.

**Regenerat und Abfälle:** Regenerat hat in Radiergummimischungen keine größere Anwendung gefunden. Hingegen werden Radiergummiabfälle (Schneidabfälle, Stanzabfälle usw.) in großen Mengen verwandt. Bei ihrer Benutzung ist zu beachten, daß die Abfälle eine möglichst einheitliche Farbe und gleiche Zusammensetzung haben müssen. Bei Verwendung von Abfällen aus fremder Produktion ist Vorsicht geboten. Nachdem die Abfälle feingemahlen worden sind, ist durch einen Versuch festzustellen, ob die mit ihnen hergestellten Radiergummi nicht zum Schmieren neigen, ihre Farbe in der Vulkanisation nicht einbüßen, ob keine alterungsschädlichen Stoffe (Kupfer, Mangan) in ihnen vorhanden sind usw.

Wenn die Fabrik die Radiergummiplatten selbst konfektioniert, muß jede Abfallsorte gesondert gesammelt und in entsprechenden Mischungen verwandt werden.

Beim Trommeln der Radiergummistücke (siehe weiter unten) bildet sich in großer Menge feiner Abfall (Schliff), der normalerweise nicht auseinandergehalten wird, so daß Sorten verschiedener Farbe und Härte zusammenkommen. Dieser Schliff ist nur zu einem kleinen Teil in Radiergummimischungen verwertbar, wird aber mit Erfolg in technischen Mischungen (Dichtungsplatten usw.) nutzbar gemacht.

**Beschleuniger:** Die Verwendung von Beschleunigern in farbigen Radiergummimischungen ist beinahe unvermeidlich, ebenso ist ihre Verwendung in hellen oder braunen Mischungen zur Abkürzung der Vulkanisationsdauer und zur Vermeidung des Ausschweifens oft erwünscht. Die Bedingungen, die ein Beschleuniger erfüllen muß, sind etwa die folgenden: a) Der Beschleuniger muß sich gut mit weißem Faktis vertragen, b) er darf keine verfärbende Wirkung ausüben, muß c) gute Alterungseigenschaften aufweisen, d) einen kleinen Schwefelbedarf haben, e) ungiftig und f) möglichst geruchfrei sein.

In dem Kapitel »Mischungswesen« dieses Handbuches ist das Verhalten der Beschleuniger in Mischungen, die große Mengen weißen Faktis enthalten, behandelt worden. Es wurde dort gezeigt, daß eine ganze Reihe von Beschleunigern — namentlich in Gegenwart von Magnesia usta — recht gute Vulkanisationseigenschaften in derartigen Mischungen

<sup>5</sup> Als unangenehme Beimengung weist der von den Liparischen Inseln kommende Bimsstein schwarze Körnchen auf, die von fremdartigen Einschlüssen herrühren und insbesondere bei Verwendung gröberer Sorten dem Produkt ein unschönes punktiertes Aussehen verleihen können. Diese Wirkung weisen die amerikanischen mit Bimsstein hergestellten Radiergummi nicht auf. Entweder sind die in Amerika verwandten Bimssteinsorten von diesen Beimengungen frei oder man kennt dort ein Verfahren, um den Bimsstein davon zu befreien.



entwickeln. Es sind dies z. B. Mercaptobenzothiazol, p-Nitrosodimethylanilin, Tetramethylthiuramdisulfid, Äthylidenanilin, Phenyl-äthyl-dithiocarbaminsaures Zink, Pentamethylen-dithiocarbaminsaures Piperidin, Orthotolylbiguanid und bei längerer Heizung Hexamethylentetramin und Diphenylguanidin. Eine ganze Reihe von diesen Beschleunigern scheidet jedoch wegen Nichterfüllung der übrigen oben geforderten Bedingungen aus, teilweise weil sie giftig sind, wie das p-Nitrosodimethylanilin, die Vulkanisate verfärben oder fleckig machen, wie z. B. das Äthylidenanilin<sup>6</sup>, oder auch wegen ihres Geruches, wie das Thiuramdisulfid und der Vulkacit P.

In der Praxis haben sich daher im wesentlichen folgende Beschleuniger bzw. Beschleunigerkombinationen bewährt:

1. Mercaptobenzothiazol (Vulkacit Merkapto, Captax usw.),
2. Mercaptobenzothiazol + Orthotolyl-biguanid (Vulkacit 1000),
3. Phenyl-äthyl-dithiocarbaminsaures Zink (Vulkacit P extra) allein oder in Kombination mit Orthotolyl-biguanid,
4. eine Kombination aus Mercaptobenzothiazol-Disulfid (Vulkacit DM, Altax usw.) und Hexamethylentetramin (Vulkacit H),

Weniger gut:

5. Diphenylguanidin (Vulkacit D, D P G).

Einige von diesen Beschleunigern benötigen zur Entfaltung ihrer vollen Wirkung außer Zinkweiß noch einen Zusatz von Stearinsäure. Da jedoch Stearinsäure die Neigung hat, an die Oberfläche zu diffundieren, ist es oft empfehlenswert, statt dieser beiden Zusätze **Z i n k s t e a r a t** zu verwenden.

**Alterungsschutzmittel.** In Radiergummimischungen, die unter Verwendung von Beschleunigern mit guten Alterungseigenschaften hergestellt sind, ist ein Alterungsschutzmittel oft entbehrlich. Bei den hellen Radiergummiarten, wie den Speckgummiarten, ist außerdem das gewöhnlich eintretende leichte Ausschwefeln ein genügender Schutz gegen Altern. Die Wahl eines geeigneten Alterungsschutzmittels ist nicht leicht, da eine Reihe von Antioxydanten für hellfarbige Gegenstände (wie z. B. das Parazone) die unangenehme Eigenschaft haben, auszuschwitzen. Während man für farbige Mischungen mit einem schwach verfärbendem Schutzmittel, wie z. B. dem Phenyl- $\beta$ -Naphthylamin gut auskommt, wird für helle Qualitäten als nicht ausschwitzendes Alterungsschutzmittel neuerdings<sup>6a</sup> Age-Rite Gel empfohlen.

**Rohgummi.** Für weiße oder helle Qualitäten ist First oder Off Latex zu empfehlen. Für farbige Radiergummiarten eignen sich auch hellbraune Crêpes und Smoked sheets. In seltenen Fällen wird Wildkautschuk verwandt (in erster Linie roter Massai wegen seiner Geruchlosigkeit und hellen Farbe).

Bevor das Verhalten der Füllstoffe an Hand einiger typischer Mischungsvorschriften illustriert wird, soll kurz auf den **Unterschied zwischen den einzelnen Radiergummiarten** eingegangen werden.

<sup>6</sup> »The Vanderbilt« Rubber Handbook 1932, S. 89

<sup>6a</sup> Vgl. Lister, Trans. I. R. I. 8 (1932) S. 241 und Vanderbilt-Rubber Handbook 1932, S. 19

Zum Radieren von weichen Bleistiftarten und Kohle, ebenso wie zum Reinigen größerer Flächen nimmt man den sogen. *Speckgummi*. Diese Art Radiergummi enthält kein oder nur wenig Radiermittel bei reichlichem Öl- und Faktiszusatz. Der Speckgummi nutzt sich beim Radieren stark ab, greift das Papier fast gar nicht an und hinterläßt trockene, grobe Krümel. Den Namen »Speckgummi« verdankt er seiner hellen Farbe und der Eigenschaft, sich fett anzufühlen. Sein spezifisches Gewicht bewegt sich zwischen 1,20 und 1,50.

Die härteren und meist spezifisch schwereren Sorten des Bleigummi werden unter dem Namen »*Buffergummi*« (*bottle rubber*) zusammengefaßt. Sie enthalten zur Erhöhung ihrer radierenden Wirkung etwas Bimsstein oder Glasmehl.

Den Übergang zu den scharfen Radiergummiarten bilden die *Universalqualitäten*. Gleichzeitig mit größerer Menge weißen Faktis enthalten sie beträchtlichen Zusatz meist leicht verreiblicher Radiermittel (Bimsstein). Sie vereinigen Schärfe mit leichter Abnutzbarkeit und sind sowohl zum Radieren von Tinten und Tusche, als auch von härteren Bleistiftarten und von Tintenstift geeignet.

Schließlich folgen die eigentlichen *Tinten-, Tusch- und Schreibmaschinengummi*, die fast lederhart sind und viel Radiermittel — namentlich grober Körnung — neben wenig Faktis enthalten.

Alle Radiergummiarten werden in verschiedener Farbe und Form hergestellt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten sind nicht scharf ausgeprägt und es gibt mannigfache Übergänge.

Zu der Vielzahl der Arten kommt noch eine Mannigfaltigkeit der Ausführungen hinzu, wie *marmorierter Radiergummi*, *Uniongummi*, der zur Hälfte aus einem Blei- zur Hälfte aus einem Tintengummi besteht, *Tips*, die in einer Messinghülse am Bleistift befestigt werden usw. Als Spezialsorten für verschiedene Sonderzwecke seien noch genannt: der *Knetgummi*, eine plastische (unvulkanisierte) Radiergummiart, die zum Entfernen von Kohlestrichen und zum Reinigen von Schreibmaschinentypen dient. Ferner der *Rostgummi*, mit dem Stahl poliert wird usw.

### Typische Mischungsvorschriften

#### Heller Speckgummi

10,00	First Latex
30,00	Faktis weiß B
10,00	Mineralöl
10,00	Lithopone R. S.
5,00	Kreide
30,00	Marmormehl
2,00	Magnesia Usta
1,60	Schwefel
0,25	o-tolyl-biguanid (Vulkacit 1000)

98,85

Vulkanisation: 30 Minuten auf 3,5 atü.



## Heller Buffergummi

10,000	First Latex
21,700	Faktis weiß B
13,300	Mineralöl
1,110	Kalk
22,200	Lithopone R. S.
42,800	Marmormehl
1,110	Schwefel
0,267	o-tolyl-biguanid (Vulkacit 1000)
<hr/>	
112,487	

Vulkanisation: 30 Minuten auf 3,5 atü.

## Roter Universalgummi

10,000	First Latex
20,000	Faktis weiß A
1,000	Mineralöl
10,000	Lithopone R. S.
7,000	Bimsstein verschiedener Körnung (Nr. 2 bis Nr. 6)
3,000	Glasmehl 000
1,500	Zinnober D III dunkel
0,500	Schwefel
0,050	Phenyläthyl-dithiocarbaminsaures Zink (Vulkacit P extra)
0,050	o-tolyl-biguanid (Vulkacit 1000)
<hr/>	
53,100	

Vulkanisation: 60 Minuten auf 4 atü.

## Heller (grauer) Schreibmaschinengummi

10,000	First Latex
3,000	brauner Faktis schwimmend
0,800	Schwefel
8,000	Lithopone R. S.
17,000	Bimsstein verschiedener Körnung (Nr. 2 bis Nr. 12)
7,000	Glasmehl
4,000	Marmormehl
0,500	Magnesia usta
0,250	50proz. o-tolyl-biguanid-batch (Vulkacit 1000 : Gummi = 1 : 1)
<hr/>	
50,550	

Vulkanisation: 30 Minuten auf 3,5 atü.

**Herstellung der Mischung.** Die Herstellung der Mischungen ist in dem Kapitel »Mischungswesen« ausführlich beschrieben worden. Hier soll daher nur das Erwähnung finden, was für die Herstellung von Radiergummimischungen besonders zu beachten ist.

Das Mastizieren soll so geleitet werden, daß der »Nerv« des Kautschuks möglichst geschont wird. Es ist daher zu empfehlen, den Rohgummi nur kurz auf einem heißen Walzwerk zu plastizieren. Enthält die Mischung weißen Faktis, so ist es notwendig, ihn vor den anderen

Mischungszusätzen in dem noch relativ steifen Gummi einzuwalzen. Sofern man braunen Faktis ungemahlen von der Herstellerfirma bezieht, muß man ihn zwecks besserer Verteilung zuvor auf enggestelltem Walzwerk mahlen.

Die restlichen Chemikalien werden mit dem Öl angerührt und in Portionen auf das nunmehr intensiv gekühlte Walzwerk gebracht. Das intensive Kühlen ist besonders dann notwendig, wenn die Mischung viel Öl oder viel Radiermittel enthält. Im ersten Falle wird die Mischung sonst so weich und klebrig, daß man sie nicht als zusammenhängendes Fell vom Walzwerk bekommt, während im zweiten Falle die Gefahr des Anbrennens besteht. Der Walzspalt ist zur Vermeidung übermäßiger Reibungswärme der Gummimischung eng zu halten. Der Schwefel wird entweder mit den anderen Chemikalien zusammen oder zuletzt zugemischt. Ebenso ist es günstig, den Beschleuniger zuletzt zuzumischen, wobei es von Vorteil ist, einen Beschleunigerbatch zu verwenden.

**Herstellung der Radiergummiplatten.** Die fertig gemischte und vorgewärmte Mischung wird auf einem Zwei- oder Dreiwalzenkalander möglichst genau zu einer Platte ausgezogen, die etwa 0,1 mm stärker sein soll als die endgültige Radiergummiplatte. Auf dem Lauftuch des Kalanders werden von der Platte Bahnen abgeschnitten, die dann auf einem neben dem Lauftuch stehenden, mit Zinkblech beschlagenen Tisch mit Hilfe von Maßrahmen auf genaue Größe zugeschnitten werden. Die Schneidabfälle gehen zum Vorwärmwalzwerk und von dort zum Kalander zurück. Die zugeschnittenen Platten werden mit Talkum eingepudert und auf einem Holzbrett übereinandergestapelt. (Bei weichen Qualitäten nicht zu viel Lagen.) So werden sie in die Vulkanisierpressenabteilung befördert.

**Vulkanisation.** Früher hat man die Platten frei in Talkum vulkanisiert. Man ist jedoch von diesem Verfahren abgekommen, weil es schwierig war, auf diese Weise Platten von gleichmäßiger Stärke zu erzeugen und weil die Fabrikate häufig porös wurden. Heute vulkanisiert man den Radiergummi durchweg unter der hydraulischen Etagenpresse in Rahmen, die mit Glanzblechen bedeckt werden. Die Pressen müssen einen Druck von 20 bis 25 kg/cm<sup>2</sup> haben. Bei besonders stark mineralisierten Qualitäten, wie Tinten-, Tusch- und Schreibmaschinengummi kann es vorkommen, daß dieser Druck nicht ausreicht und man bis zu 50 kg/cm<sup>2</sup> anwenden muß. Die Größe der Preßplatten ist meist 500 × 700 oder 600 × 700 mm, und es ist vorteilhaft, Pressen mit 8 bis 10 Etagen zu verwenden. Die Vulkanisation geschieht, wie erwähnt, zwischen etwa 2 mm starken Glanzblechen aus Chromnickelstahl in Rahmen von 4 bis 40 mm Höhe. Statt eines Rahmens ist es oft vorteilhaft, einen sogenannten »Schlitten« mit Einlegeschiene zu verwenden. Der »Schlitten« besteht aus einem etwa 5 mm starken doppelt dekapierten Eisenblech, das von einem 2 mm starken Chromnickelstahl-Glanzblech bedeckt wird. Auf den beiden Blechen ist ein aus 4 mm starken und 25 mm breiten Eisenleisten gebildeter Rahmen fest aufgenietet, derart, daß der Rahmen und die beiden Bleche starr zusammenhängen. Die Niete sind versenkt. In diese Rahmen werden die Einlegeschiene von gewünschter Stärke ein-



gelegt, die sich ihrerseits zu einem Rahmen schließen. Während der Vulkanisation wird der »Schlitten« mit einem Glanzblech bedeckt.

Um das Kleben der Radiergummiplatten an den Blechen zu vermeiden, was besonders leicht bei Mischungen mit viel weißem Faktis vorkommt, ist es notwendig, die Platten ebenso wie die Bleche mit Talkum zu pudern. Sodann müssen die Pressen gut kühlbar sein und vor der Herausnahme der Rahmen nach Beendigung der Vulkanisation scharf gekühlt werden.

**Konfektionieren der Radiergummiplatten.** Bevor der Radiergummi in den Handel kommt, müssen die Platten noch in einzelne Stücke von entsprechender Größe zerschnitten, dann getrommelt und mit einer Fabrik-

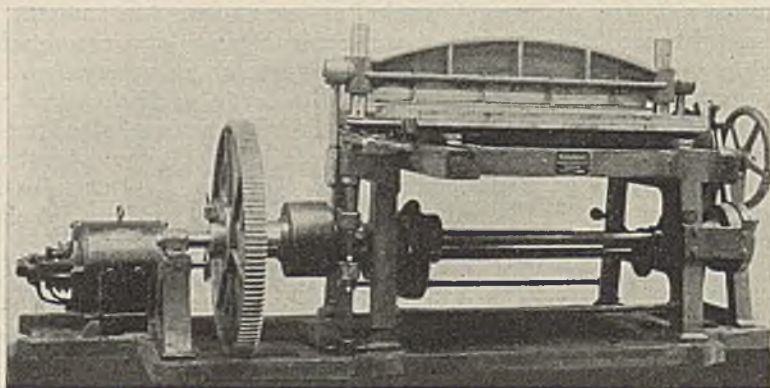


Abb. 521. Automatische Radiergummi-Schneidmaschine  
(H. Berstorff G. m. b. H., Hannover)

marke versehen werden. Der Radiergummi wird nach Gewicht verkauft, und zwar zu 10, 20, 30 . . . 60, bis sogar 120 Stück auf das Pfund. Die Dimensionen müssen so gewählt werden, daß die einzelnen Stücke handlich sind und sich beim Schneiden möglichst wenig Abfall ergibt. Dazu stehen bei bestimmtem spezifischen Gewicht die verschiedenen Plattenstärken zur Verfügung (von 4 mm aufwärts), wobei die gangbarsten Stärken 5, 7 und 10 mm sind.

Das Schneiden geschieht auf einer automatischen Schneidmaschine, wie sie in Abb. 521 dargestellt ist. Wie aus dieser Abbildung ersichtlich, sitzen auf einer Welle, die durch Zahnradübersetzung von einem Motor angetrieben wird, zwei Exzentrerscheiben, die durch Gestänge eine Traverse mit dem Schneidmesser auf- und niederbewegen. Der Vorschub des Tisches erfolgt automatisch und ist von 0,5 zu 0,5 mm einstellbar. Die Maschine kann pro Minute 30 bis 60 Schnitte ausführen. Als Schneidunterlage dient Hartholz. Die Radiergummiplatte wird erst in Längsstreifen zerschnitten, die dann um 90° gedreht und auf derselben Maschine noch einmal senkrecht zur vorhergehenden Schnittrichtung aufgeteilt werden.

Um den Radiergummistücken ein gefälliges Aussehen zu verleihen,

und sie von der äußeren mit Talkum bedeckten Schicht zu befreien, ist es üblich, die Stücke zu trommeln. Dies geschieht in einer meist sechseckigen Holztrommel, die, wie aus Abb. 522 ersichtlich, um ihre Längsachse rotiert, und wird meist ohne Zusatz von Schleifmitteln vorgenommen.

Nach dem Trommeln werden die anhaftenden Staubteilchen entfernt, dann werden die Radiergummistücke auf einer Stempelmaschine bedruckt. Eine derartige automatische Stempelmaschine ist in Abb. 523 dargestellt. Die Maschine hat zwei elektrisch geheizte Stempel und ist zum gleichzeitigen Bedrucken zweier Radiergummistücke eingerichtet. Sie besteht aus einer Trommel, auf deren Umfang zahlreiche Anschläge angeordnet sind. Gegen diese Anschläge werden jeweils zwei Radiergummistücke nebeneinander aufgelegt und bei jedem Vorschub der Trommel durch einen Streifen Stempelpapier hindurch bedruckt. Das Stempelpapier rollt dabei, ähnlich einem Schreibmaschinenfarbband, unter den Stempeln vorbei. Die bedruckten Gummistücke gleiten auf eine hinter der Maschine angeordnete schräge Fläche und können von hier auf ein Transportband gelangen, von dem aus sie in Kartons verpackt werden. Da der Druck sofort trocknet, können sie auch in einen darunter stehenden Kasten fallen. Die Maschine stempelt etwa 3600 bis 4000 Stück pro Stunde.

Anschließend mögen einige Spezialradiergummisorten Behandlung finden:

**Herstellung von marmoriertem Radiergummi.** Die Herstellung von marmoriertem Radiergummi geschieht in der Weise, daß man die drei bis vier Komponentmischungen des Marmorgummis einzeln auf dem Kaland

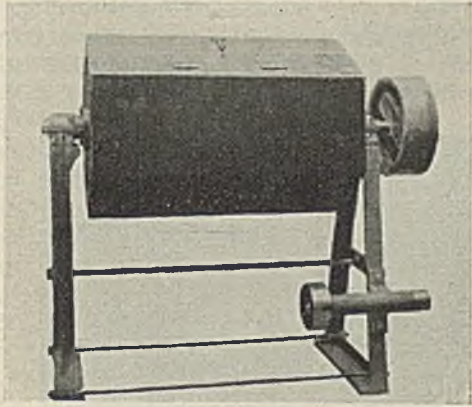


Abb. 522. Radiergummi-Trommel  
(Hugo Dietzel, Hannover)

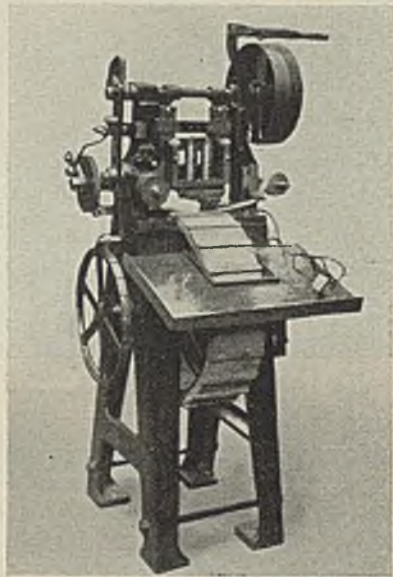


Abb. 523. Radiergummi-Stempelmaschine  
(Hugo Dietzel, Hannover)



zu Platten von beliebiger Länge auszieht und auf einem mit Zinkblech beschlagenen Tisch einmal übereinanderschichtet. Hierbei ist es zu empfehlen, die farbigen Platten etwa 2 mm stark und die weiße Platte etwas stärker zu wählen. Durch Beschneiden des Randes wird dann die vierfarbige Bahn auf rechteckige Form gebracht (vgl. Abb. 524a), dann wird sie quer zu ihrer Längsrichtung in mehrere gleiche Teile zerschnitten, und jeder Teil für sich zu einer Art Ballen oder Strang fest aufgerollt.

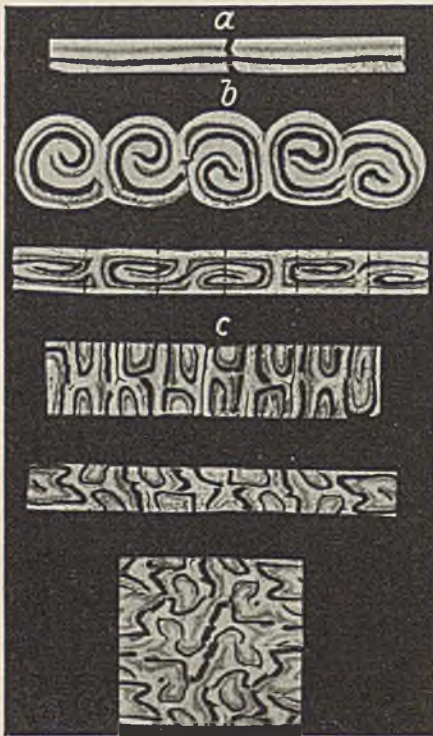


Abb. 524. Marmorierter Radiergummi

Die entstehenden Stränge, deren Stärke der verwendeten Mischung und den Kalanderrabmessungen angepaßt werden muß, werden nunmehr eng aneinander gelegt (vgl. Abb. 524b) und axial noch einmal zwischen zwei Walzen des Kalenders durchgelassen. Die so entstehende dicke Platte wird allseitig beschnitten und gleichfalls in Richtung der Strangachsen in Balken oder Streifen aufgeteilt, deren Breite größer gewählt werden muß, als die Stärke der Platte. Diese Balken werden um  $90^\circ$  gekantet, nebeneinander gelegt und das neu entstandene Balkenpaket (vgl. Abb. 524c) wird abermals durch zwei Walzen des Kalenders gelassen. Die resultierende Platte kann, falls sie unter 50 bis 60 mm Stärke hat, auf dem Tisch dubliert werden (stärkere Platten lassen sich schlecht schneiden, dünnere verursachen zuviel Arbeitslohn). Sie wird dann quer zur Kalanderrichtung in Streifen oder Scheiben von der Höhe der Vulkanisierrahmen zerschnitten. Das Schneiden besorgt man mittels einer besonderen Schneidvorrichtung oder auch von Hand mit einem Halbmond (vgl. Abb. 525). Vor dem Zerschneiden streicht man die Platten allseitig mit transparenter geschwefelter Gummilösung ein. Die Streifen werden flach in einen Rahmen eingelegt und wie üblich unter der Presse vulkanisiert. Es ist darauf zu achten, daß die Stärke der Streifen möglichst gleichmäßig ist, und daß sie in den Rahmen sorgfältig eingelegt werden, weil sich sonst an der Oberfläche unschöne Verpressungen bilden.

Die rationelle Verwertung des unvulkanisierten Marmorgummiabfalls bot einige Schwierigkeiten. Wegen ihrer eigentümlichen Zusammensetzung und der schmutziggrauen Farbe, die sie beim Verwalzen er-

geben, sind diese unvulkanisierten Abfälle nur weit unter Mischpreis verwertbar gewesen. Das nachfolgend beschriebene Verfahren gestattet hingegen, diese Abfälle ohne Verluste zu einem vollwertigen Marmorgummi zu verarbeiten. Die beim Herumschneiden der Platten für die Marmorgummifabrikation abfallende bunte Masse verschiedener Form wird mittels eines Halbmondes in schmale lange Streifen zerschnitten, die ungeachtet ihrer Farbe wieder quer in kleine Quader verschiedener Größe aufgeteilt werden. Diese Quader, die eine genügende Klebekraft besitzen, werden wahllos in einen Rahmen von 20 bis 40 mm Höhe »gehäuft« eingeschüttet, so daß sie den Rahmen vollständig ausfüllen und zur Mitte hin einen Berg bilden. So kommen sie unter die Presse und werden — mit einem Blech bedeckt — kalt oder lauwarm vorgepreßt. Danach wird das Deckblech abgehoben und die eventuell noch verbleibenden Lücken mit weiteren »Schnipseln« ausgefüllt. Sodann wird der Rahmen wie üblich mit einem Blech bedeckt und vulkanisiert. Nach einigen Versuchen wird man die Füllung nach Gewicht vornehmen können.

Hohe Rahmen sind deshalb zu empfehlen, weil die Ober- und Unterseite des Marmorblocks die mit dem Blech in Berührung standen, manchmal unschöne Verpressungen aufweisen. Bei Verwendung hoher Rahmen ist es aber möglich, den Block beim Konfektionieren in schmale Streifen



Abb. 525. Halbmond  
(A. Rauser,  
Berlin SW 61)

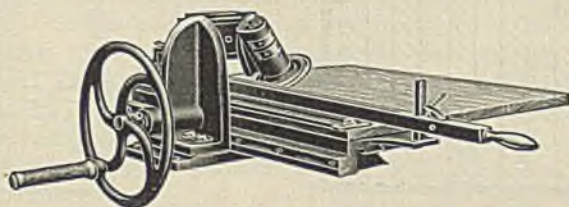


Abb. 526. Schrägschneidemaschine  
(Hugo Dietzel, Hannover)

von der Stärke des fertigen Radiergummi zu schneiden und die neuentstandenen Schnittflächen als Ober- oder Unterseite des Radiergummi zu benutzen.

Auf dem gleichen Prinzip wie die Herstellung des Abfallmarmors läßt sich aus übereinandergelegten einfarbigen Platten, die man wahllos in kleine Quader zerschneidet, eine Reihe eigentümlicher Mosaikgummi herstellen.

**Uniongummi.** Eine beliebte Ausführung des Radiergummi ist der sogenannte Uniongummi, ein meist 6 bis 8 cm langer, etwa 15 mm breiter Gummi, dessen eine Hälfte sich zum Radieren von Blei und die andere zum Radieren von Tinte eignet. Oft sind die Enden des Gummi abgeschragt, und bei den amerikanischen Erzeugnissen dieser Art ist auch



die Verbindungsstelle zwischen dem Blei- und dem Tintengummi schräg geschnitten. Die Herstellung des Uniongummis geschieht in der Weise, daß die Bleigummi- und die Tintengummiplatte möglichst genau auf dem Kalandr gezogen werden. Von den Platten werden Bahnen von etwa 400 mm Breite abgeschnitten, die auf dem Zinkblechtisch ausgelegt und mit Talkum gepudert werden. Mittels eines Halbmondes werden sie dann in Streifen, deren Breite der ganzen Länge des Uniongummis (6 bis 8 cm) entspricht, geschnitten (Abb. 527a). Bei schräger Verbindungsstelle



Abb. 527a



Abb. 527b



Abb. 527c



Abb. 527d



Abb. 527e

#### Zum Uniongummi

geschieht das Zuschneiden in Streifen auf der Schrägschneidemaschine, wie sie aus Abb. 526 ersichtlich ist. Das Schneiden muß in beiden Fällen sehr sorgfältig geschehen, und die Platte darf dabei nicht gedrückt werden. Die Streifen werden (vgl. Abb. 527b) hochkant nebeneinander gestellt (oder bei schrägem Schnitt: abgestuft übereinandergeschichtet [Abb. 527c]) und die Schnittflächen mit hochgeschwefelter, transparenter Gummilösung gut eingestrichen. Man läßt die Lösung eintrocknen, dann legt man die Streifen (abwechselnd je einen Tinten- und einen Bleigummistreifen) in einen Rahmen ein (Abb. 527d) und vulkanisiert mit Glanzblechen bedeckt unter einer hydraulischen Etagenpresse. Die Mischungen des Uniongummis müssen mit der Vulkanisation aufeinander abgestimmt sein und können z. B. folgende Zusammensetzung haben:

Uniongummi		
Bleigummi	Tintengummi	
13,4	17,4	First Latex
26,0	14,0	Faktis weiß B
2,0	2,0	Schwefel
6,0	6,0	Magnesia Carbonica
20,0	4,0	Lithopone R. S.
32,0	—	Marmor-mehl
—	16,0	Schwerspat
—	20,0	Bimsstein Nr. 6
—	20,0	Bimsstein Nr. 12
0,6	0,6	Orthotolylbiguanid (Vulkacit
		1000) als 50proz. batch
<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	

Vulkanisation: Etwa 30 Minuten auf  $3\frac{1}{2}$  atü.

Die vulkanisierte Uniongummiplatte wird auf einer gewöhnlichen oder auf einer Schrägschneidemaschine derart aufgeteilt, daß jeweils ein Blei- und ein Tintengummistreifen mitten durchgeschnitten wird (Abbildung 527e). Der Schnitt kann unter einem beliebigen Winkel zur Radiergummioberfläche geführt werden. Auf einer gewöhnlichen Schneidemaschine (Abb. 521) werden dann die Uniongummistreifen in die einzelnen Radiergummi zerschnitten. Die weitere Konfektionierung erfolgt in der üblichen Weise.

**Schreibmaschinengummi.** Außer in länglicher Form mit meist abgescrägten Enden kommt der Schreibmaschinengummi in Scheiben von 40 bis 45 mm Durchmesser und 4 bis 5 mm Stärke in den Handel. Die Herstellung des runden Schreibmaschinengummis erfolgt entweder in der Weise, daß man ihn in Platten von 4 bis 5 mm Stärke unter der Presse heizt, dann die Scheiben ausstanzt, trommelt und in das meist 5 mm weite Loch eine Verstärkungsscheibe aus Metall einsetzt. Das Einsetzen der Metallscheibe geschieht mit Hilfe einer kleinen Hebelpresse.

Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß beim Stanzen mindestens 33% Abfall entsteht. Das wird vermieden, wenn man den runden Schreibmaschinengummi spritzt. Auf einer gut kühlbaren Spritzmaschine wird ein Schlauch von etwa 45 mm äußeren Durchmesser und 5 mm lichter Weite hergestellt. Der Schlauch wird in Abschnitte von 500 mm Länge aufgeteilt, die auf Aluminiumstäbe aufgezogen, in Stoff eingewickelt und vulkanisiert werden. Das Einwickeln geschieht in der von der Schlauchfabrikation her bekannten Weise in zwei Lagen: zuerst in feinen Perkal und dann in einen gröberen Stoff. Zur Vermeidung von Druckstellen vulkanisiert man die Schläuche stehend im Dampf, wobei man eine ziemlich lange Steigung anwenden muß. Von den vulkanisierten Schläuchen werden auf einer schnelllaufenden Drehbank Scheiben von 4 mm Stärke längs einer Lehre abgestochen, oder die Schläuche werden auf einer rotierenden automatischen Schneidemaschine, wie sie ähnlich bei der Herstellung von Flaschenscheiben verwendet wird <sup>6b</sup>, geschnitten.

<sup>6b</sup> Vgl. Talalay, Caoutch. et Guttap. 29 (1932) S. 16 121



Manchmal erweist es sich als notwendig, die geschnittenen Scheiben in Talkum frei nachzuheizen. Die weitere Konfektionierung erfolgt in der gleichen Weise wie bei den gestanzten.

**Tips.** Durch Spritzen erfolgt auch die Herstellung der Tips, die in einer Messinghülse am Bleistift befestigt werden. Die Tips haben einen Durchmesser von 7 mm oder mehr und dürfen um höchstens 0,1 mm von der vorgeschriebenen Stärke abweichen. Die Spritzmaschine muß daher einen sehr gleichmäßigen Lauf haben. Die Vulkanisation der Tipsschnur geschieht in Talkum in runden Pfannen oder in geraden Enden. Die geheizte Schnur wird in Enden von 12 bis 15 mm Länge zerhackt und getrommelt. Das Einsetzen der Tips besorgen die Bleistiftfabriken.

Helle Tips haben z. B. folgende Zusammensetzung:

13,4	First Latex
19,0	Faktis weiß B
1,9	Schwefel
0,5	Kalk
19,0	Lithopone R. S.
17,2	Schwerspat
28,7	Marmormehl
0,3	50proz. Orthotolylbiguanid-batch (Vulkacit 1000)
<hr/>	
100,0	

Etwas aus der Mode gekommen ist der geprägte Radiergummi, d. i. Gummi, der auf einer oder auf beiden Seiten eine erhabene oder vertiefte Prägung aufweist. Er wird in der Weise hergestellt, daß man die Gummiplatte unter der Presse mit einem starken Zinkblech, in das die Prägezeichnung eingeschlagen worden ist, bedeckt vulkanisiert.

**Knetgummi.** Der zum Entfernen von Kohlestrichen und zum Reinigen von Schreibmaschinentypen benutzte Knetgummi kann beispielsweise folgende Zusammensetzung haben:

K n e t g u m m i , b l a u	
10,000	Off Latex
20,000	braunen Faktis, schwimmend
2,000	Ceresin
12,000	Mineralöl
12,000	Lithopone R. S.
24,000	Kreide
20,000	Marmormehl
20,000	Schwerspat
2,000	Ultramarin
<hr/>	
122,000	

Bei dem Knetgummi kommt es darauf an, daß das Material dauernd ein hinreichendes Maß an Plastizität behält. Die Herstellung der Mischung unterscheidet sich daher von der oben beschriebenen Art. Der Rohgummi wird zuerst auf nicht zu kaltem Walzwerk vormastiziert.

Dann läßt man ihn abkühlen und mindestens einen Tag ausruhen, worauf er erneut mastiziert wird. Erst dann werden der Faktis und die Ingredienzien eingewalzt. Eine zweite Methode besteht darin, daß man den vorgewalzten Rohgummi durch sofortiges Einhängen in kaltes Wasser oder Abduschen rasch abkühlt, und hierdurch die einmal erreichte Plastizität fixiert. Ein Ruhenlassen ist sodann überflüssig.

Die Knetgummistücke werden entweder aus einer Platte geschnitten, die man auf dem Kalandert zieht oder sie werden aus einer Schnur gehackt, die man auf der Spritzmaschine herstellt.

### Faktisgummi (Kunstgummi)

In ähnlichem Maße wie Rohgummi besitzt weißer Faktis die Fähigkeit, Graphitstriche zu adhären. Er ist daher, in Blöcken geformt und mit den erforderlichen Füllstoffen versetzt, zum Radieren geeignet. Als sogenannter Kunstgummi kommt er unter verschiedenen Bezeichnungen in den Handel. Die Herstellung von Kunstgummi spielt, trotz der vorzüglichen Eigenschaften, die das Produkt besitzt, heute nur noch eine untergeordnete Rolle. Zurückzuführen ist dies auf die Tatsache, daß die hierzu benötigten Öle nicht in demselben Maße im Preise gefallen sind wie der Rohgummi. Ihre schnelle Abnutzung macht sie auch unökonomisch im Gebrauch.

Das nachstehend beschriebene Herstellungsverfahren für Kunstgummi basiert auf der Tatsache, daß man dem weißen Faktis jede gewünschte Gestalt geben kann, wenn man das Reaktionsprodukt aus Öl und Chlorschwefel im geeigneten Augenblick in eine Form ausgießt. Der Kunstgummi kann z. B. folgende Zusammensetzung haben:

#### Radierkunstgummi für Blei

10,000 g	helles Rüböl (raffiniert)
0,500 g	Magnesia usta leicht
0,500 g	Marmormehl oder Glasmehl
3,000 g	Schwerspat
5,250 g	Kreide
3,000 g	Mineralöl
2,000 cm <sup>3</sup>	Chlorschwefel

#### Radierkunstgummi für Tinte

A.	B.	
10,000 g	10,000 g	helles Rüböl (raffiniert)
14,000 g	—	Marmormehl
6,000 g	24,400 g	Glasmehl 000
1,000 g	1,210 g	Mineralöl
2,120 cm <sup>3</sup>	2,580 cm <sup>3</sup>	Chlorschwefel

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, Rüböl zu wählen, da, abgesehen davon, daß mit anderen Ölen, wie z. B. Leinöl, die Reaktion zu stürmisch verläuft, die mit trocknenden Ölen hergestellten Kunstgummiplatten nach einiger Zeit hart werden. Den Mineralölen (Vaselinöl usw.) die daneben



Verwendung finden, fällt die Aufgabe zu, den Faktisgummi zu verbilligen und zu erweichen, ebenso wie die Reaktion zu verlangsamen.

Im einzelnen wird das Gießverfahren so durchgeführt, daß man die abgemessene Ölmenge in eine offene emaillierte Blechkasserolle eingießt. Die abgewogenen Zutaten werden zugeschüttet und gut verrührt. Dann wird die bereitgestellte Chlorschwefelmenge in einem feinen Strahl unter dauerndem Rühren mit einem breiten Holzspachtel in die Kasserolle gegeben. Das Rühren wird fortgesetzt, und in dem Augenblick, in dem die Masse etwas dicker zu werden beginnt, wird sie in eine bereitstehende Form ausgegossen. Dies muß im richtigen Moment erfolgen, da bei zu frühem Ausgießen, wenn die Masse noch nicht die hinreichende Zähigkeit besitzt, die Ingredienzien sich absetzen und man ein ungleichmäßiges Produkt erhält.<sup>7</sup> Bei verspätetem Ausgießen kann es hingegen geschehen, daß die Masse bereits beim Gießen oder in der Kasserolle erstarrt, und dadurch verlorenght.

Die Form, die zum Gießen verwandt wird, besteht aus einem U-förmigen Holzrahmen, der aus etwa 50 mm breiten und 20 bis 25 mm starken Leisten geleimt ist. Er hat eine Höhe von etwa 350 und eine Breite von etwa 220 mm. Von beiden Seiten wird dieser Holzrahmen von je einem 2 mm starken Zinkblech bedeckt, das durch Bolzen mit Flügelmuttern festschließend an den Rahmen gepreßt wird. Vor dem Eingießen werden die Zinkbleche mit Schmierseife dünn eingestrichen und ein Bogen Seidenpapier möglichst glatt und ohne Falten darauf ausgerollt. Dann wird die Form zusammengeschaubt. Das Seidenpapier muß den oberen Rand der Form überdecken. Zum Eingießen bedient man sich eines Trichters mit ovalem Auslaufrohr. Durch die Reaktionswärme erwärmt sich die Form und muß solange stehen, bis sie sich wieder abgekühlt hat. Dann werden die Bleche abgeschraubt und die 20 bis 25 mm starke Platte mit einem scharfen Messer aus dem Rahmen geschnitten. An der Oberfläche des Kunstgummis haftet jetzt noch das eingelegte Seidenpapier. Das Papier muß heruntergeschliffen werden. Hierzu bedient man sich einer einfachen Vorrichtung, die aus einer Drehbank besteht, zwischen deren Spitzen eine mit Sandpapier beklebte Rolle befestigt ist. Unter der Rolle bewegt sich — der Höhe nach verstellbar — auf kleinen Rädchen und Schienen laufend ein Holzbrett mit Anschlag. Auf das Brett wird die Radiergummiplatte aufgelegt und gegen die Drehrichtung der Rolle unter dieser hindurchgezogen. Hierdurch wird die Papierschicht abgeschliffen und die Platte weist eine glatte samtartige Oberfläche auf. Die obere Kante der Platte, die beim Gießen mit der Luft in Berührung stand, ist stets etwas klebrig und muß vorher fortgeschnitten werden. An Stelle des Seidenpapiers kann man zum Auskleiden der Formen auch dünne (etwa 2 mm starke) Gummiplatten verwenden, die man auf die Bleche auflegt und oben etwas überhängen läßt. Die Gummiplatten müssen eine absolut glatte Oberfläche haben und

<sup>7</sup> Sollte man der Meinung sein, die Masse zu früh ausgegossen zu haben, so kann man durch Rühren mit einem Glas- oder Holzstab in der Form die Gefahr des Absetzens vermindern.

gegebenenfalls mit einem Formschmiermittel dünn eingestrichen werden. Bei dieser Herstellungsart fällt das Schleifen fort.

Das Schneiden, Stempeln und Verpacken geschieht in der gleichen Weise wie beim heißvulkanisierten Radiergummi. Das Trommeln ist in vielen Fällen entbehrlich.

Eine besondere Abart des Faktisgummis ist der Schmirgelblock, ein mit reichlichem Schmirgelzusatz hergestellter Kunstgummi, der vor allem Haushaltszwecken dient.





# GUMMIERTE STOFFE

Von DR. ERICH WURM, HANNOVER

Die gummierten Stoffe kann man nach der Art ihrer Weiterverarbeitung in zwei Gruppen einteilen. Die erste umfaßt diejenigen Stoffe, die nur als Halbfabrikate anzusehen sind und in der Fabrik selbst zur Herstellung anderer Artikel gebraucht werden. Das sind Ein- und Umlagen für Schläuche, Stoffe für Treibriemen und Transportbänder, die verschiedenen Gewebe für Schuhe und die Voll- und Cordgewebe für Bereifungszwecke. Die Herstellung dieser Stoffe weist keine Besonderheiten auf; Einzelheiten hierüber sind in den Abschnitten enthalten, die sich mit den daraus gefertigten Artikeln befassen.

Die andere Gruppe enthält alle Stoffe, die verkaufstechnisch Fertigwaren sind. Auch sie unterliegen stets einer weiteren Verarbeitung, doch ist diese nicht an das gummierende Werk gebunden. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Gruppen liegt darin, daß die erste immer unvulkanisiert verarbeitet wird, während die zweite fast ausnahmslos vulkanisiert ist. Zu den Ausnahmen gehören Isolierbänder und Kautschukpflaster sowie Klebbänder. Die Verwendungszwecke der vulkanisierten Stoffe sind sehr vielseitig; die Hauptgebiete sind: Konfektion (Mäntel, Schürzen, Badehauben, Schweißblätter, Windelhosen, Bergmanns- und Taucheranzüge), Wagenverdeckstoffe, chirurgische Stoffe (Betteinlagen, Verbandbatist), Kratzentücher, Drucktücher für Rotations- und Offsetdruck sowie für Kattundruck, Floß- und Faltbootstoffe. Da viele der genannten Artikel in mehreren Qualitäten und Farben hergestellt werden, ist der Mischungsbedarf selbst einer kleineren Streichelei sehr beträchtlich.

Nach der Herstellungsweise unterscheidet man das Streichen auf der Streichmaschine (Spreadingmaschine) und auf dem Kaland, nach dem Aufbau der fertigen Stoffe einfache, ein- oder doppelseitig gummiert, und mehrfache aus zwei bis acht Stofflagen bestehende. Die Vulkanisation erfolgt kalt oder warm. Zu diesem Punkt ist grundsätzlich zu sagen, daß man alle Stoffe warm vulkanisieren kann. Die weiter unten beschriebenen neuzeitlichen Methoden gestatten die Warmvulkanisation auch in all den Fällen, die bisher als Domäne der Kaltvulkanisation betrachtet wurden. Diese kommt überhaupt nur dort in Frage, wo auf größte Haltbarkeit kein entscheidender Wert gelegt zu werden braucht. Dies ist der Fall bei den meisten Konfektionsstoffen und bei gewöhnlichen Betteinlagen. Das frühere Überwiegen der Kaltvulkanisation hatte mehrere Gründe. Zunächst ist die Anwendung sehr bequem und billig und gestattet mit einfachen Mitteln eine umfangreiche Produktion. Dann aber war es bei hohem Gummipreis nur mit Hilfe von weißem Faktis möglich, hellfarbige Stoffe billig herzustellen. Dadurch war die Warmvulkanisation in vielen Fällen unmöglich gemacht. Der niedrige Gummipreis und die Verwendung hochaktiver Vulkanisationsbeschleuniger haben aber die Sachlage völlig verändert, so daß die Kaltvulkanisation immer mehr zurückgedrängt wird.



## Die Gewebe

Ebenso mannigfaltig wie die Verwendungszwecke sind die benutzten Gewebe. Vom leichtesten Batist und der dünnsten Kunstseide bis zum schwersten Segeltuch finden sich alle Zwischenstufen. Es ist daher unmöglich, alle Stoffe zu besprechen; es gibt aber gewisse Forderungen, die immer erfüllt sein müssen.

Das Garn muß rein und knotenfrei sein. Schalen, Noppen und Knoten, die sich auch im fertigen Gewebe bemerkbar machen, sind beim Gummieren sehr störend. Selbst kleine Verunreinigungen verhindern, daß an diesen Stellen Gummi angenommen wird, gröbere Schalen und Knoten können ein Reißen des Stoffes auf der Streichmaschine oder dem Kalandrierer verursachen. Die Stoffe sollen glatt sein und nicht fasern. Besonders modische Stoffe für Regenmäntel haben oft Effektfäden oder -streifen, die das Gummieren sehr erschweren. Auch aufgeraute Stoffe werden viel verwendet. Hier muß mit besonderen Hilfsmitteln (Zwischenleinen) gearbeitet werden, da sonst die Gummierung durch die Fasern der rechten Stoffseite verunreinigt wird. Eine unerläßliche Forderung ist, daß alle Kettfäden gleiche Spannung haben müssen. Das Gegenteil bewirkt, daß die Stoffe nicht glatt durch die Maschine laufen, sie »beuteln«. Es bilden sich dann Falten, die auf der Streichmaschine zusammenkleben, auf dem Kalandrierer aber durch die starke Quetschung den Stoff entzweidrücken. Versucht man das Beuteln durch stärkere Spannung des Stoffes zu verringern, so zerreißt er leicht.

Appretierte Stoffe lassen sich nicht haltbar gummieren. Wird solcher Stoff naß, so löst sich die verkleisterte Stärke und die Gummierung läßt sich mühelos abziehen. Auch bildet Stärkekleister einen guten Nährboden für Bakterien. Hierdurch wird nicht nur der Stoff angegriffen, sondern die sich bildenden Säuren tragen auch zum frühzeitigen Verderben der Gummierung bei.<sup>1</sup> Falls aus webetechnischen Gründen mit Appretur gearbeitet werden mußte, sind die Stoffe vor dem Gummieren gut zu entschlichten. Öl- und Fettflecke im Stoff zerstören die darüber befindliche Gummierung sehr schnell, kaltvulkanisierte besonders stark. Aber auch warmvulkanisierte Gummierungen werden in ziemlich kurzer Zeit erweicht und zermürbt.

Endlich sollen die Stoffe frei sein von löslichen Schwermetallverbindungen. Besonders schädlich sind Eisen, Kupfer und Mangan. Während Eisen und Mangan nur durch ungeeignete Farbstoffe oder unreine Waschwässer in das Gewebe gelangen können, daher ziemlich leicht auszuschließen sind, liegt der Fall bei Kupfer schwieriger. Der größte Teil der für Damenmäntel benutzten Kunstseide wird nach dem Kupferoxydammoniakverfahren hergestellt. Hierbei bleibt trotz sorgfältigem Auswaschen oft Kupfer im Gewebe zurück, das infolge seiner feinen Verteilung besonders schädlich wirkt. Nach eigenen Erfahrungen sind bereits 3 mg Kupfer im Quadratmeter Seide bedenklich, während bei baumwollenen und halbwollenen Stoffen noch bei 10 mg/qm keine Stö-

<sup>1</sup> Barr, G. — Trans. I. R. I. 5 (1929) S. 31

rungen zu beobachten waren. Es ist daher immer ratsam, Seide und Kunstseide auf Kupfer zu untersuchen, wobei man sich am besten kolorimetrischer Methoden bedient.<sup>2</sup>

Besonders wenn es sich um Lohngummierung handelt, kann dem Betriebsleiter die Prüfung der Stoffe nach den entwickelten Gesichtspunkten nur dringend angeraten werden. Die weiterverarbeitenden Industrien nehmen es oft mit diesen Forderungen nicht sehr genau. Ein vor dem Gummieren erfolgter Hinweis auf fehlerhafte Beschaffenheit entlastet den Betriebsleiter und schaltet spätere Beanstandungen seitens des Kunden aus.

### Gummieren auf nassem Wege

Die meisten Stoffe werden auf Streichmaschinen mit Hilfe von Gummilösungen gummiert. Dieses Verfahren ist allgemein anwendbar, da auch die leichtesten Gewebe sich verarbeiten lassen und man jede beliebige Qualität benutzen kann. Ganz leichte Gummierungen sind überhaupt nur so herzustellen.

1. **Die Mischungen.** Über die Zusammensetzung der Mischungen wird weiter unten einiges bei der Besprechung der einzelnen Fabrikate mitgeteilt. Hier können nur allgemeine Hinweise gegeben werden. Alle Materialien sollen feinst gesiebt und getrocknet sein. Die meist verwendeten Rohgummisorten sind helle first latex Crepe und Ia Standard ribbed smoked sheet. Billigere Rohgummisorten zu nehmen hat nur bei hohem Gummipreis einen Sinn, da die Mischungskosten nur einen ziemlich kleinen Anteil an den Gesamtkosten haben. Regenerate sind für feine Gummierungen unbrauchbar, für gröbere zum mindesten heute entbehrlich. Das gleiche gilt auch für braunen Faktis (für Warmvulkanisate), dagegen ist die Verwendung von weißem Faktis in manchen Kaltvulkanisaten auch heute noch zur Erzielung eines bestimmten »Griffs« zweckmäßig. Man muß sich nur bewußt bleiben, daß Faktis nicht mehr als billiges Kautschuksurrogat gelten kann, sondern daß man nicht mehr anwenden darf, als zur Erreichung des Zweckes erforderlich ist. Weißer Faktis muß gut entsäuert sein, da er sonst schnell verdirbt und die damit hergestellten Gummierungen in Mitleidenschaft zieht. Ein geringer Gehalt an Magnesia usta ist daher wünschenswert. Die verwendeten Füllstoffe sind nicht so zahlreich wie bei anderen Artikeln. Gasruß wird fast nur als Farbstoff gebraucht; Ausnahmen bilden hochbeanspruchte Artikel (Treibriemen, Transportbänder, Offsetdrucktücher). Der vielseitigst verwendbare Füllstoff ist Schlämmkreide. Sie soll möglichst frei von Ton und anderen unlöslichen Verunreinigungen sein. Da ihr Lichtbrechungsvermögen dem des Kautschuk fast gleich ist, kann man noch mit 20% und mehr transparente Kaltvulkanisate herstellen. In säurebeständigen Gummierungen benutzt man Kieselkreide, Kaolin (am besten sog. »kolloidales«) und Schwerspat, letzteren vorteilhaft in der gefällten Form (blanc fixe), da der natürliche grob und oft manganhaltig ist. Als

<sup>2</sup> Kirchhof, F. — Chem.-Ztg. 56 (1932) S. 296



Weißpigment wird vornehmlich Lithopone verwendet. Im allgemeinen genügt die 30proz. Ware (Rotsiegel), für besondere Zwecke nimmt man Grün- (40proz.) oder Bronzesiegel (50proz.). Titanweiß hat sich in Kaltvulkanisaten nicht bewährt, in Warmvulkanisaten kann es wegen seines hohen Preises nur beschränkte Verwendung finden. Zinkweiß und Bleiglätte dürfen für kalt zu vulkanisierende Stoffe nicht benutzt werden, da sie mit der aus dem Chlorschwefel entstehenden Salzsäure lösliche Salze bilden. In Warmvulkanisaten wird Zinkweiß nur noch als Aktivator für die Beschleuniger verwendet; Bleiglätte wird in einigen Sonderfällen benutzt, z. B. für Offsetdrucktücher und andere ölfeste Gummierungen. Von Mineralfarben findet nur Ultramarin ausgedehntere Verwendung; es soll die sog. »alaunechte« Ware sein. Für andere Farbtöne nimmt man fast ausschließlich organische Farbstoffe, die es in großer Zahl mit ausgezeichneten Eigenschaften gibt. Kalt zu vulkanisierende Mischungen sollen immer eine kleine Menge Magnesia usta enthalten, die durch Neutralisation der sich bildenden Salzsäure als Alterungsschutz wirkt. Von Vulkanisationsbeschleunigern können für kesselgeheizte Stoffe alle sonst üblichen verwendet werden, für Luftheizung eignet sich Merkaptobenzothiazol, besonders in Kombination mit Diphenylguanidin oder Hexamethylentetramin. Ein Beschleuniger von allgemeinsten Verwendbarkeit ist der Vulkacit F der I. G. Farbenindustrie A. - G., der sich sowohl für Kessel- wie für Heißluftheizung eignet. Seine besonderen Vorzüge sind: keine Anvulkanisation beim Mischen, Lösen und Lagern, schnelles Anspringen oberhalb 110°, kurze Vulkanisationszeit bei niedrigem Schwefelgehalt, großer Plateaueffekt, keine Reversion, beste Alterung und schließlich gutes Zusammenwirken mit Ultrabeschleunigern bei kombinierten Verfahren (siehe weiter unten).

Über die Herstellung der Mischungen ist nichts Besonderes zu sagen.

2. Die Lösungen. Das beste Lösungsmittel ist Benzin. Man nimmt solches im allgemeinen mit den Siedegrenzen 100 bis 125°, da die niedrig siedenden Anteile zu schnell verdunsten und die hoch siedenden das Trocknen auf der Streichmaschine erschweren. Da viele Benzinsorten schlecht riechende Anteile enthalten, soll nur raffiniertes Benzin benutzt werden. Der Geruch ist sonst sehr anhaltend und verschwindet weder beim Vulkanisieren noch bei langem Lüften. Weniger zu empfehlen ist Benzol, das in der technischen Form auch stark riechende Beimengungen enthält. Es ist viel giftiger als Benzin, so daß bei der Benutzung umfangreiche Vorsichtsmaßregeln erforderlich werden, um die Arbeiter vor dem Einatmen zu schützen. Halogenkohlenwasserstoffe, besonders Trichloräthylen und Tetrachlorkohlenstoff haben den großen Vorteil, daß sie unbrennbar sind. Ihre Verwendung schließt daher jede Feuergefahr aus. Leider stehen diesem Vorzug erhebliche Nachteile entgegen. Sie kosten schon gewichtsmäßig mehr als doppelt soviel wie Benzin; da auch das spezifische Gewicht annähernd das Doppelte von Benzin beträgt, werden die ausschlaggebenden Volumenkosten vervierfacht. Selbst bei guter Rückgewinnungsanlage für die Lösungsmittel machen die unvermeidlichen Verluste die Verwendung von Tri und Tetra unrentabel. Bei letzterem sind auch schon sehr unangenehme, langwierige Erkrankungen

der Arbeiter beobachtet worden, während Tri zwar manchmal heftige, meist aber schnell vorübergehende Anfälle hervorruft.<sup>3</sup>

Über das Herstellen der Lösungen ist Näheres in dem dieses Thema behandelnden Abschnitt enthalten. Da es sich bei Streichlösungen darum handelt, mit einem möglichst geringen Verbrauch an Lösungsmitteln auszukommen, benutzt man meist die am energischsten wirkenden Lösungskneter. Stark gefüllte Mischungen, die keine Vulkanisationsmittel enthalten, werden in dünnem Fell sofort in die Kneter gegeben und mit wenig Benzin knotenfrei gerührt. Erst dann wird die gewünschte Konsistenz durch Verdünnen eingestellt. Gummireiche Mischungen läßt man zuerst einige Stunden in Benzin vorquellen, bevor man sie in das Rührwerk bringt. Besonders wichtig ist dies bei stark beschleunigten Mischungen, die sich unter Umständen im Kneter so stark erhitzen können, daß vorzeitige Vulkanisation eintritt. Es ist daher ratsam, für solche Mischungen kühlbare Lösungskneter zu benutzen. Es hat sich gezeigt, daß Lösungen, die Halbultrabeschleuniger enthielten und sich beim Lösen erhitzt hatten, nach einigen Tagen Lagerung vollständig gelatinierten, obwohl beim Entleeren des Rührwerks nichts zu bemerken war und die Lösungen kalt gelagert waren. Kalt hergestellte Lösungen zeigten dagegen noch nach Wochen keine Veränderung.

Das Verhältnis zwischen Mischung und Lösungsmittel schwankt natürlich stark. Gummireiche Mischungen erfordern mehr Benzin als stark gefüllte. Allgemein läßt sich nur sagen, daß man so wenig Benzin wie möglich nimmt, daß aber die Lösung glatt und knotenfrei sein muß und keine zähen, d. h. unvollkommen gequollene Anteile enthalten darf. Beim Streichen soll die Lösung als glatte Rolle vor dem Streichmesser liegen. Die üblichsten Lösungsverhältnisse liegen zwischen 1 : 1 und 1 : 3, doch kann diese Grenze für Sonderzwecke weit höher liegen. Sehr dichte Gewebe, auf denen die Gummischicht gut haften soll, werden vorteilhaft mit einer dünnen Lösung vorgestrichen. Dies kann auch nötig werden, wenn die Mischung sehr »trocken« ist, also infolge starker Füllung mit Mineralien oder Faktis wenig Klebvermögen besitzt. In vielen Fällen kann man den Verbrauch an Lösungsmitteln durch mäßigen Zusatz eines echten Erweichungsmittels herabsetzen, d. h. eines solchen, das selbst auf Kautschuk quellend einwirkt. Gutes Mastizieren des Gummis wirkt in der gleichen Richtung, doch darf dies nie bis zum Totwalzen getrieben werden, da solche Gummierungen stets eine nur mäßige Festigkeit nach dem Vulkanisieren besitzen und schlecht altern.<sup>4</sup>

3. Die Streichmaschine. Es gibt eine ganze Anzahl verschiedener Konstruktionen, doch sind diese in den wesentlichsten Punkten übereinstimmend gebaut. Grundsätzlich unterscheidet man offene Maschinen ohne Rückgewinnung der Lösungsmittel und gekapselte mit Rückgewinnung. Die ersteren haben die größte Verbreitung, da die gekapselten Maschinen viele Nachteile aufweisen. Es ist auch leicht möglich, mit

<sup>3</sup> Eine kurze Zusammenfassung vom hygienischen Standpunkt bietet die Arbeit des Verf. im Arch. Gew.-path. u. Gew.-hyg. 2 (1931) S. 767

<sup>4</sup> Vgl. dazu: Wiegand, W. B. — Trans. I. R. I. 7 (1932) S. 422



einer offenen Maschine eine sehr wirksame Rückgewinnung<sup>5</sup> zu verbinden, ohne auf die Vorteile der offenen Bauart verzichten zu müssen (Abb. 528 u. 529). Der wichtigste Teil der Streichmaschine ist der Streichkopf. Er besteht aus einem gußeisernen Gestell, das an der Vorderseite Lager besitzt, in die drei mit runden Ausdrehungen versehenen Vierkantstangen eingehängt werden können. Die oberste (a) nimmt den zu gummierenden Stoff auf, der auf einer passenden Holzrolle aufgewickelt ist, die mittlere (b) ist für einen etwa benötigten Zwischenläufer bestimmt, auf der untersten (c) wird der gummierte Stoff aufgewickelt. Die

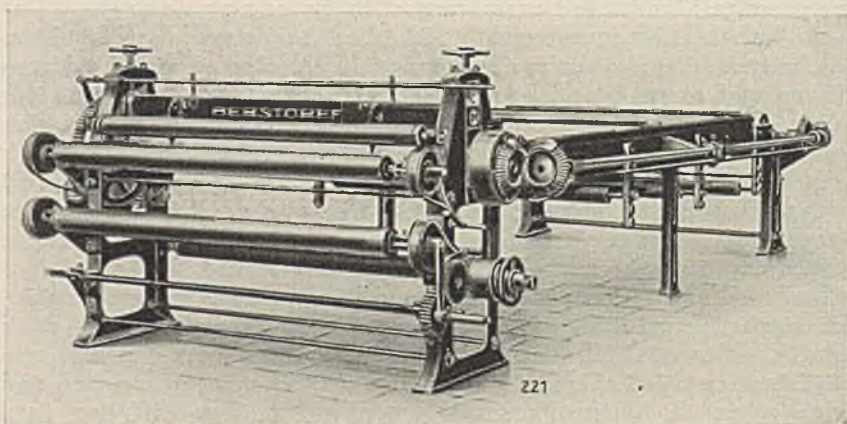


Abb. 528. Streichmaschine (Berstorff, Hannover)

beiden ersten Rollen haben keinen Antrieb; sie sind aber mit einer Bremse versehen, um ein faltenloses Abwickeln der Stoffe zu gewährleisten. Diese Bremse (529d) ist auf der Abb. 528 an der rechten Seite der Maschine deutlich zu sehen; sie besteht aus einer Bremsscheibe mit viereckigem Loch, die auf die Stange aufgeschoben wird. Über die Scheibe legt man eine Lederschleife, die mit ihrem anderen Ende an der Maschine befestigt ist. Mittels einer über den Bremsriemen gezogenen Lederschleife kann die Spannung in weiten Grenzen verändert werden. Die Aufwickelrolle ist angetrieben. Da während des Streichens die Dicke dieser Rolle ständig zunimmt, andererseits die Antriebsgeschwindigkeit gleich bleibt, würde bei starrer Kupplung die Spannung des aufgerollten Stoffes immer größer werden. Bei leichten Stoffen würde dies bis zum Zerreißen führen können, bei festeren zum mindesten ein so straffes Aufwickeln bewirken, daß die Rolle zusammenklebt und beim Umrollen die Gummiierung zum Teil abreißt. Man schaltet daher zwischen Antrieb und Aufwickelrolle eine Reibungskupplung, die so weich eingestellt sein muß, daß sie schon bei geringer zusätzlicher Spannung nachgibt.

<sup>5</sup> Vgl. den Abschnitt »Rückgewinnung«.

Im Oberteil des Rahmens befinden sich Streichwalze und -messer, die beiden Teile, auf die es am meisten ankommt. Die Streichwalze (e) ist hohl aus Gußeisen angefertigt und mit einer lederharten Gummischicht bezogen. Auf die Güte dieser ist besonders zu achten. Sie muß so hart sein, daß sie sich mit Sicherheit schleifen und polieren läßt. Andererseits darf sie nicht zu hart sein und soll vor allem nicht nachhärten. Sie muß genau rund sein, da Ungleichmäßigkeit sich sofort in stärkerer und schwächerer Gummierung in regelmäßigen Abständen zu erkennen gibt. Über der Walze ist das Streichmesser (f) in einer Schlittenführung beweglich angeordnet. Die Bewegung geschieht durch Hoch- und Niederschrauben mit Hilfe der beiden oberhalb befindlichen Handräder (g). Außerdem kann das Messer hochgeklappt und in dieser Lage festgestellt

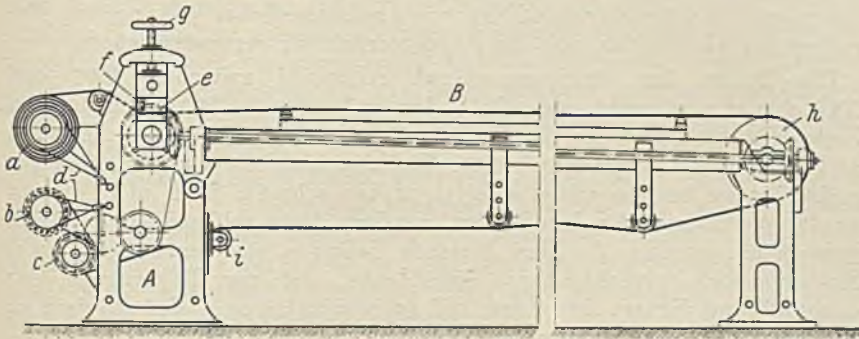


Abb. 529. Schema der Streichmaschine (Berstorff, Hannover)

werden. Es soll aus gehärtetem Stahl bestehen, da Weicheisenmesser zu schnell abgenutzt werden. Die Schneide soll die Form haben, die in der Skizze (Abb. 530) angedeutet ist. Sie muß gut auf die Walze eingeschliffen werden, damit die Gummierung gleichmäßig ausfällt. Die Breite der Schneide hat sich ganz nach dem Zweck zu richten. Es ist irrig, anzunehmen, daß man mit demselben Messer jeden Stoff und jede Gummiqualität verarbeiten könnte. Dünne Messer geben zarte Striche, dicke streichen schwer und pressen den Gummi mehr in den Stoff. Leichte offene Gewebe wie Kunst- oder Japanseide, Futterstoffe für Regenmäntel u. dergl. dürfen daher nur mit dünnem Messer gestrichen werden. Will man aber den Gummi fest in das Gewebe einpressen, z. B. bei Segeltuch für Faltbootstoffe, so benutzt man ein dickes Messer. Oft ist es auch ratsam, das Messer zu wechseln, z. B. bei sehr dicken Gummierungen, bei denen aber eine glatte Oberfläche verlangt wird. Man benutzt dann ein dickes Messer zum Vorstreichen und beendet die Arbeit mit einem dünnen. Um diesen Wechsel vornehmen zu können, hat man

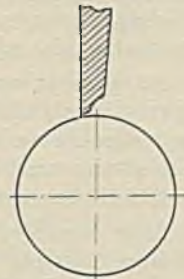


Abb. 530.  
Stellung des  
Streichmessers  
zur Walze



versucht, einen Revolver mit drei verschieden dicken Messern zu verwenden. Diese Anordnung hat sich aber gar nicht bewährt, da sie schwer zu bedienen war und dem Arbeiter die Aussicht auf den Streichtisch versperrte. Man ist daher hiervon ganz abgekommen und wechselt lieber die Maschine. Für gewisse Zwecke braucht man ein sogenanntes Vorstreichmesser. Dies ist ein eiserner Balken mit meist ziemlich dicker Schneide. Um es anbringen zu können, befinden sich zwischen Abwickelager und Streichwalze zwei Schlitze, in denen es mit Stiften befestigt wird.

Der Antrieb der Streichwalze erfolgt über ein dreistufiges Vorgelege meist von einer Transmission aus. Dieser Antrieb hat sich am besten bewährt, da der gemeinsame Motor für eine größere Anzahl Maschinen außerhalb des Streichraumes aufgestellt werden muß (Feuersgefahr). Einzelantrieb wäre nur mit Hilfe von explosions sicher gekapselten Reguliermotoren möglich, was die Anlage erheblich verteuern würde.

Die Breite der Streichmaschinen schwankt zwischen 1000 und 2000 mm. Es ist nicht vorteilhaft, dauernd schmale Stoffe auf breiten Maschinen zu streichen, da das Messer ungleichmäßig abgenutzt wird und dann zum Gummieren breiter Stoffe untauglich wird. Ist man genötigt, es zu tun, so sollte wenigstens der schmale Stoff nicht immer an der gleichen Stelle durchlaufen, sondern diese soll bei jedem Strich gewechselt werden. An den Messern befinden sich auch noch zwei Streichbacken, verschiebbare Eisenbleche, die zur Begrenzung der Gummilösung dienen. Ihre Form soll so beschaffen sein, daß sie dem zu gummierenden Stoff dicht anliegen.

Hinter dem Streichkopf befindet sich der Trockentisch (529 B). Die Länge richtet sich nach dem Verwendungszweck. Leichte Stoffe trocknen schneller als schwere, dick gummierte. Die Mindestlänge soll 4 m betragen, da sonst die Laufgeschwindigkeit der Stoffe zu klein wird. In besonderen Fällen nimmt man längere Trockentische, bis zu 6 m. Sie bestehen aus einzelnen Heizelementen, meist aus glatt gehobeltem Schmiedeeisen. Entweder sind es hohle Kammern, in denen der Dampf frei zirkuliert, oder die Heizung wird durch Schlangenrohre bewirkt. Seltener finden sich gußeiserne Tische mit eingegossenen Dampfkanälen. Welche Form man auch benutzt, wichtig ist, daß der Dampf nirgends gestaut wird und daß das Kondenswasser frei ablaufen kann.

An der Rückseite des Tisches befindet sich eine Umkehrwalze (h), die durch Kegelradübertragung von der Streichwalze aus angetrieben wird und durch eine Klauenkupplung ein- und ausgerückt werden kann. Die Umkehrtrommel besteht meist aus Holz und muß vor der Inbetriebnahme mit Stoff bezogen werden.

Über dem Streichmesser ist eine Schubstange angebracht, die an einer Klauenkupplung angreift. Diese verbindet Vorgelege und Streichwalze. Mit ihrer Hilfe kann die Maschine in Gang gesetzt und momentan ausgeschaltet werden. Diese Momentausschaltung ist deshalb wichtig, damit bei plötzlich auftretenden Fehlern, z. B. Einreißen, Faltenbildung u. ä. die Arbeit sofort unterbrochen werden kann.

Unterhalb des Streichtisches befinden sich einige Rollen (i), um den Stoff zu führen. Sehr wichtig sind ferner Vorrichtungen, um die entstehende Elektrizität abzuleiten. Beim Abwickeln eines Stoffes, der bereits einige Striche erhalten hat, bilden sich besonders bei trockenem warmem Wetter hochgespannte, elektrische Ladungen. Werden diese nicht wirksam abgeleitet, so kann es zur Funkenbildung kommen und ein Brand ist die Folge. Am wirksamsten sind Bürsten aus Messingdraht, von denen mindestens zwei vorhanden sein müssen, eine zwischen Abwickelrolle und Streichmesser, die andere unmittelbar hinter diesem. Es ist natürlich für einwandfreie Erdung zu sorgen sowie dafür, daß die Bürsten nicht mit Gummilösung verschmiert sind.

Eine Abart der Streichmaschine ist der Teigkalander. Er dient dazu, Stoffe mit Gummi zu imprägnieren. An Stelle des Streichmessers hat er eine massive Stahlwalze, die von der Streichwalze aus angetrieben wird. Um die Wirkung zu erhöhen, läßt man sie etwas schneller laufen als die Streichwalze. Dies Verfahren eignet sich für leichte Stoffe oder für sehr gummireiche Mischungen, die sich beide schlecht trocken imprägnieren lassen. In allen anderen Fällen bedient man sich besser des Friktionierkalanders (siehe unten).

Bei der beschriebenen Bauart geht das Lösungsmittel verloren. Da die Benzindämpfe und in erheblich höherem Maße noch die von Benzol eine starke Belästigung und Gefährdung der Gesundheit für die Arbeiter darstellen, und da der Verbrauch an Lösungsmitteln sehr bedeutend ist, versucht man neuerdings, wenigstens einen Teil davon wiederzugewinnen und den Rest unschädlich zu machen.

Dazu dienen zunächst die bereits erwähnten Streichmaschinen mit Rückgewinnung. Es gibt verschiedene Konstruktionen, die aber alle das gemeinsam haben, daß der Streichtisch gekapselt ist und daß sich in ihm Kühlrohre oder -flächen befinden, in denen Wasser zirkuliert und an denen sich das Lösungsmittel niederschlagen soll. Diese Maschinen haben sich aber in der Industrie nicht einbürgern können. Die Menge des wiedergewonnenen Lösungsmittels ist unbefriedigend, da auch bei Kühlwassertemperatur noch viel Benzin in Luft enthalten sein kann. Diesem also nur mäßigen Vorteil stehen aber schwerwiegende Nachteile gegenüber. Die Kapselung verdeckt den Stoff und verhindert so die notwendige Beobachtung des Streichvorganges durch den Arbeiter. Ein Ausbessern von Fehlern ist damit unmöglich gemacht. Ferner befindet sich unter der Kapsel immer ein hochexplosives Gasgemisch. Es ist eine wohlbekannte Tatsache, daß gekapselte Maschinen viel häufiger Anlaß zu Bränden geben als offene. Infolge der schweren Deckel haben diese Brände stets explosionsartigen Charakter, während solche an offenen Maschinen ziemlich harmlos sind. Der einzige Vorzug ist der, daß die Rückgewinnung an jeder Maschine für sich vorgenommen wird, so daß auch kleine Fabriken sich eine wenn auch bescheidene Wiedergewinnung einrichten können, wo eine moderne Anlage nicht rentabel sein würde.

Für größere Betriebe kommen nur die neuzeitlichen Absorptionsmethoden in Betracht. Sowohl die Verfahren mit aktiver Kohle wie mit Absorptionsölen sind gut durchgearbeitet und geben zufriedenstellende



Erfolge. Außer der recht guten Ausbeute ist der Hauptvorzug, daß man jede offene Streichmaschine ohne Änderung benutzen kann. Über dem Streichtisch wird eine verglaste Abzugshaube angebracht, die Ableitungsröhre aller Maschinen werden verbunden und die Abluft wird mittels eines kräftigen Ventilators durch die Absorptionstürme gedrückt. Drosselklappen an den einzelnen Abzugsrohren gestatten, unbenutzte Streichmaschinen von der Anlage abzuschalten.

Die Streichtische müssen gut beleuchtet sein. Die Streichsäle sollen hell sein. Am besten ist Oberlicht (Shedbau). In Etagenbauten sollen die Maschinen parallel zueinander stehen, mit dem Ende den Fenstern zugekehrt, so daß der Arbeiter den Stoff voll beleuchtet vor sich hat. Bei großen Räumen, die an beiden Längsseiten Fenster haben, werden die Maschinen mit den Streichköpfen nach dem Mittelgang zu aufgestellt, was den Verkehr mit Stoffrollen und Lösungskübeln sehr erleichtert. Abzugshauben erhalten auf beiden Längsseiten eine ausreichende Anzahl Lampen, die aus Gründen der Feuersicherheit gekapselt sein müssen. Offenstehende Streichtische werden am besten durch starke Tiefstrahler beleuchtet.

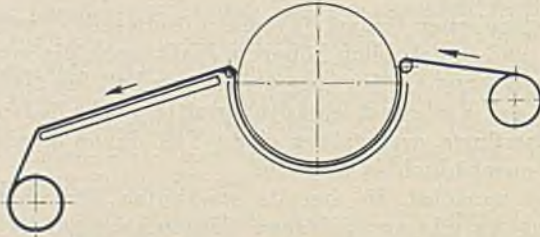


Abb. 531. Heißmangel zum Glätten und Durchsehen des Stoffes (← Laufrichtung)

**4. Vorbereitung der Gewebe.** Fast niemals können die Gewebe in dem Zustand verarbeitet werden, in dem sie von der Weberei angeliefert werden. Viele Stoffe sind in Falten gelegt, haben insbesondere in der Mitte eine scharfe Bruchfalte. Aber auch gerollte Stoffe zeigen oft viele kleine Fältchen, die beim Streichen nicht verschwinden und das glatte Gummiere stören. Sie müssen also geglättet werden. Wenn man es nicht vorzieht, die Stoffe hierzu einer Spezialfabrik zu geben, so stellt man am besten eine Heißmangel auf, da ungeheizte Glättkalander völlig unzureichend sind und die Falten nicht beseitigen. Man kann diesen Arbeitsgang gleichzeitig dazu benutzen, die Stoffe auf Fehler zu kontrollieren. Zwischen Mangelrolle und Aufwickelvorrichtung wird ein schräg liegendes Brett befestigt, über das der Stoff geführt wird (Abb. 531). Davor steht die Arbeiterin und entfernt Noppen und Knoten mit einer Pinzette; grobe Fehlstellen werden am Rand markiert.

Um die Stoffe in ihrer ganzen Länge gummiere zu können, müssen sie noch mit Vor- und Nachläufer versehen werden. Zu diesen Lauftüchern nimmt man kräftige, glatte Gewebe, schweren Nessel, Drell oder dergl. Das Lauffuch muß mindestens 10 cm breiter sein als der zu

gummierende Stoff, damit dieser über die ganze Breite gleichmäßig gespannt wird. Die Länge richtet sich nach der Länge des Streichtisches und beträgt zwischen 12 und 15 m. An den Lauftüchern werden die Stoffe durch Nähen oder Kleben befestigt. Zum Nähen nimmt man eine starke Nähmaschine, das Kleben geschieht auf Klebetischen (Abb. 532). Es sind dies kleine dampfbeheizte Eisentische mit Ab- und Aufwickelvorrichtung für die Stoffe. Es ist vor allem darauf zu achten, daß der Stoff vollkommen gerade an die Lauftücher angeklebt wird, damit er auf der Streichmaschine nicht schief läuft. Leichte Gewebe verziehen sich sonst, was besonders bei Karomustern störend wirkt. Wenn auch das Annähen der Stoffe schneller geht als das Ankleben, und obwohl bei letzterer Befestigungsart immer ein Streifen des Lauftuches verlorengeht, so zieht man es doch vor, da die Befestigung besser ist. Leichte offene Gewebe sind

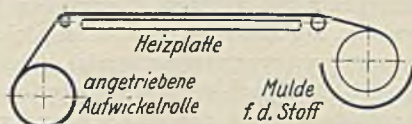


Abb. 532. Klebtisch

überhaupt nur durch Ankleben sicher zu verbinden. Da die Stoffrollen viel zu locker aufgewickelt sind, um gestrichen werden zu können, müssen sie nochmals umgerollt werden. Dies kann in Ermangelung besonderer Vorrichtungen auf einer Streichmaschine oder einem Dublierkalander geschehen. Die Abwickelrolle wird stark gebremst und zugleich wird darauf geachtet, daß der Stoff auf der neuen Rolle möglichst kantengerade aufgewickelt wird. Es gibt besondere Apparate hierfür, z. B. Spannrähmen mit pneumatisch gesteuerter Geradföhrung, doch sind solche Maschinen zu entbehren.

**5. Das Streichen.** Die so vorbereitete Stoffrolle wird in das oberste Lager der Streichmaschine eingehängt und das Lauftuch bei hochgeklapptem Messer über den Streichtisch hinweggezogen, um die Umkehrtrommel herum wieder nach vorn geföhrt und der Anfang auf eine auf der untersten Stange befindliche Holzrolle gelegt. Dieses Anlegen muß gerade und glatt erfolgen, da sonst der Stoff schief läuft und Falten sich auf ihm abdrücken. Man läßt nun bei schwach gebremster Stoffrolle die Maschine laufen, bis der Anfang des zu gummierenden Stoffes am Streichmesser liegt. Jetzt wird das Messer heruntergeklappt und eingestellt. Dies ist die schwierigste Arbeit; das Messer muß vollständig horizontal stehen, damit der Strich über die ganze Stoffbreite gleichmäßig dick wird, auch muß auf richtige Strichdicke geachtet werden. Diese hängt ganz von der Beschaffenheit des Gewebes und den Verwendungszweck des fertigen Stoffes ab. Stoffe, die zweiseitig gummiert werden und bei denen der Gummi möglichst eindringen soll, werden mit breitem, tiefgestelltem Messer vorgestrichen. Leichte, offene Gewebe, bei denen die Gummierung nicht durchschlagen darf, erfordern einen hohen Strich mit dünnem Messer. Hierbei ist aber zu beachten, daß zu dicke Striche schwer trocknen, daß sie leicht porös werden und daß man sich bei leichten Gummierungen versehen muß, nicht das ganze Gummigewicht beim ersten Strich aufzubringen. Die unvermeidlichen Unregelmäßigkeiten der Streichwalze und des Stoffes erfordern ein mehrmaliges



Streichen in umgekehrter Richtung, um die Gummihaut tunlichst gleichmäßig zu bekommen. Es muß daher beim ersten Strich immer ein Mittelweg gefunden werden.

Nach Einstellung des Messers entnimmt der Arbeiter dem Lösungskübel ein passendes Quantum Lösung und legt diese mit Spateln in den Winkel zwischen Stoff und Messer. Zur seitlichen Begrenzung dienen die oben genannten Streichbacken. Jetzt wird die Maschine eingeschaltet, wobei sich die Gummilösung als glatte Rolle vor dem Messer drehen soll. Ist dies nicht der Fall, zeigt sie Streifen und Knoten, so ist dies ein Zeichen für mangelhafte Bearbeitung im Lösungskneiter. Der Stoff wird besonders bei farbigen Mischungen Streifen und Unregelmäßigkeiten aufweisen, die auch bei mehreren Strichen nicht ganz verschwinden. Es ist ratsam, von vornherein soviel Lösung aufzugeben, daß man den ganzen Stoff ohne Nachlegen durchstreichen kann. Jedes Nachgeben erzeugt Streifen; ist man genötigt, Lösung zuzugeben, etwa weil sie so dünn ist, daß ein größeres Quantum keinen Halt findet, so soll sie bei laufender Maschine auf die noch vorhandene aufgegeben werden, nicht aber auf den Stoff.

Da der erste Strich die größte Menge Gummi aufnimmt, trocknet er auch am schwersten. Es ist daher, besonders bei benzinreichen Lösungen, notwendig, einen langsamen Gang anzuwenden. Die Streichgeschwindigkeit beträgt im allgemeinen 6 bis 12 m je Minute. Sie ist abhängig von der Länge der Maschine und von der Art des Gewebes. Lockere, schwache Stoffe müssen langsam gestrichen werden, bis die Gummierung ihre Festigkeit genügend erhöht hat. Feste Stoffe können bei genügender Länge des Streichtisches schneller gestrichen werden. Bei einer Maschine von 4 m Länge beträgt die Geschwindigkeit beim ersten Strich für Kunst- oder Japanseide, Trikot o. ä. etwa 6 m, bei Nessel und schwereren Stoffen etwa 8 m. Karierte Stoffe werden immer mit niedriger Geschwindigkeit gestrichen, um ein Verziehen des Musters zu vermeiden.

Sobald die Maschine läuft, muß das Messer nachreguliert werden. Als Regel kann dienen, daß bei einer 4-m-Maschine der Stoff kurz vor der Umkehrwalze trocken sein muß. Ist er noch naß, so steht das Messer zu hoch, ist er schon in der ersten Hälfte des Tisches trocken, so steht es zu tief. Trocknet eine Seite schneller als die andere, so ist es schief eingestellt. In all diesen Fällen ist die Abhilfe gegeben. Schwerer ist sie, wenn sich Längsstreifen zeigen, die nicht von Körnchen oder anderen Verunreinigungen der Lösung herrühren. Insbesondere deuten breite Bahnen, die sich in der ganzen Länge des Stoffes zeigen, auf ungleichmäßige Abnutzung des Messers hin. In diesem Fall muß es baldigst nachgeschliffen werden. Querbanden, die sich in regelmäßigen Abständen wiederholen, beweisen, daß die Streichwalze schlägt, d. h. unrund ist. Feine Gummierungen können hiermit nicht hergestellt werden. Ist das Messer richtig eingestellt, so beschränkt sich die Tätigkeit des Streichers auf die Beobachtung des Streichvorganges. Doch darf dies nicht unterschätzt werden. Die hauptsächlichsten Fehler, die jetzt noch auftreten können, sind folgende:

1. Der Stoff reißt. Ungleichmäßige Spannung der Kette, starke Webefehler oder Knoten, zu straffes Anziehen der Bremse, scharfe Metall- oder Holzsplitter, die sich unter das Messer klemmen. Gegen die ersten beiden Fehler ist man ziemlich machtlos, den letzten kann man vermeiden, wenn man die für empfindliche Stoffe bestimmte Lösungen einer vorherigen Filtration durch feine Metallgaze unterwirft (in einem Strainer oder einer ähnlichen Apparatur). Der Stoff kann auch reißen, wenn die Reibungskupplung der Aufwickelrolle zu stark angezogen ist. Die richtige Einstellung erfordert große Aufmerksamkeit und Erfahrung. Ist der Stoff gerissen, so wird die Maschine angehalten, die Lösung abgenommen und der zerstörte Teil des Stoffes abgeschnitten. Die Enden werden dann zusammengeklebt.

2. Der Stoff läuft in Falten. Meist liegt der Grund daran, daß die Kettfäden ungleiche Spannung besitzen, der Stoff beutelt. Wenn stärkeres Anziehen der Bremse nicht hilft, ist ein Ausgleich unmöglich. Oft stammen Falten aber von schieferm Anlegen der Stoffes her. Abhilfe selbstverständlich.

3. Es bilden sich trockene Gummiklumpchen auf dem Stoff. Wenn dies nicht an einem ungeeigneten Messer liegt, so ist die Lösung zu trocken oder es befinden sich ungequollene Teilchen darin, die sich unter das Messer setzen und nach weiterer Zerkleinerung darunter weggleiten. Einzelne Absetzer lassen sich mit einem stumpfen Messer entfernen; nimmt es aber überhand, so ist die Lösung durch eine andere zu ersetzen.

4. Es entsteht ein Brand. Dies kann immer eintreten, wenn die Elektrizitätsableiter verschmutzt oder unzureichend geerdet sind. Zuerst wird die Maschine angehalten, die Lösungskübel werden geschlossen und fortgerückt. Das Löschen kann niemals durch Wasser erfolgen. Gut sind: Wasserdampf, Kohlensäureschnee, Sand und feuchte Lappen. Bei schnellem Eingreifen ist der Brand meist in kurzer Zeit gelöscht und nur der freihängende Stoffanteil geht verloren.

Ist die ganze Stoffbahn gummiert, so wird die Maschine angehalten, der Rest der Lösung abgenommen und das Messer hochgeklappt. Saubere Mischungsreste können sofort wieder benutzt werden, sind sie aber sehr trocken oder durch Stoffasern verunreinigt, so legt man sie beiseite und verbraucht sie für Unterstriche oder billige Doubleestoffe. Während man nunmehr den Nachläufer abrollen läßt, werden Streichmesser und Walze gründlich von anhaftendem Gummi gereinigt. Dann erfolgt der zweite Strich, in umgekehrter Richtung wie der erste. In manchen Werken ist oder war es üblich, die Stoffe nach jedem Strich zurückzudrehen und in der gleichen Richtung zu gummierten. Das ist falsch, da man Ungleichmäßigkeiten im Strich nur durch Umkehrung der Streichrichtung ausgleichen kann. Es ist auch keine Zeitersparnis, da das Zurückdrehen ebensolange dauert wie das Umsetzen der Rolle.

Alle folgenden Striche haben den Zweck, den Stoff völlig dicht und porenfrei zu streichen. Den Hauptteil der zweiten Aufgabe hat der zweite Strich zu lösen. Man setzt ihn daher grundsätzlich tief, damit die Lösung auch wirklich in die Poren eingestrichen wird. Man kann an-



nehmen, daß Poren, die beim zweiten oder spätestens dritten Strich nicht gedeckt sind, überhaupt nicht mehr zu beseitigen sind. Der Streicher muß also sein Hauptaugenmerk auf diesen Punkt richten. Nach jedem zweiten Strich sollte der Stoff gewogen werden, damit das Gewicht nicht überschritten wird. Bei Stoffen, die eine völlig glatte Oberfläche besitzen sollten, wird bei den letzten Strichen das Messer so tief gesetzt, daß es nur wenig Lösung durchläßt und hauptsächlich glättend wirkt (dünnes Messer).

Einseitig gummierte Stoffe sind damit zur weiteren Bearbeitung fertig. Doppelseitig zu streichende werden gewöhnlich jetzt gepudert (siehe unten) und mit einem Zwischenleinen versehen. Hat die Streichmaschine drei Rollenlager, so kann man auch das Zwischenleinen beim ersten Strich der zweiten Seite einlaufen lassen. In jedem Fall ist darauf zu achten, daß es mit gleichmäßiger Spannung und faltenlos läuft. Als Zwischenleinen eignet sich nur feinfädiges, dichtes Gewebe, das möglichst nicht fasern soll. Gut aber teuer ist federdichter Inlettstoff. Für gröbere Gummierungen genügt Eisengarn. Soll die Gummierung klebend

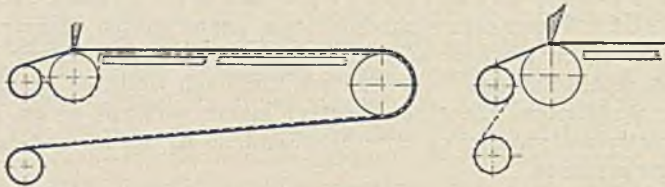


Abb. 533. Führung von Stoff und Zwischenleinen (gestrichelt)

bleiben (z. B. für Dublierungen), so darf sie nicht gepudert werden. Damit in solchem Fall das Zwischenleinen nicht an der Gummierung anklebt, benutzt man lackierte oder gefirnißte Stoffe.

Bei der Berechnung der Gummigewichte für beide Seiten ist zu beachten, daß der erste Strich der ersten Seite zum großen Teil in das Gewebe eindringt, was bei der zweiten Seite nicht mehr der Fall ist. Man gibt daher der ersten Seite etwas mehr als die Hälfte des Gesamtgewichtes an Gummi. Sonst unterscheidet sich die Bearbeitung beider Seiten nicht voneinander, nur daß man das Zwischenleinen jedesmal neu anlegt. Man kann es mit dem Stoff über die Maschine laufen lassen, natürlich darf es nicht unter dem Messer mitgehen, sondern wird unter der Walze durch- und erst hinter dem Messer mit dem Stoff zusammengeführt. Für empfindliche Gummierungen ist dies Verfahren vorzuziehen, einfacher ist es, das Zwischenleinen direkt nach unten zu führen und aufzuwickeln (Abb. 533).

Im allgemeinen nimmt man vom zweiten Strich ab eine größere Geschwindigkeit. Bei empfindlichen Stoffen geht man auf etwa 8 m/min, bei anderen, z. B. Bettstoffen kann man mit 12 m/min arbeiten, falls die Länge des Streichtisches dies zuläßt. Um diese zu vergrößern, ohne zuviel Raum zu verschwenden, ordnet man manchmal zwei Heizplattensysteme übereinander an und erreicht so eine Verdoppelung des

Trockenweges. Man darf aber den Wert der Geschwindigkeitssteigerung nicht überschätzen. Viele Stoffe sind der erhöhten Zugbeanspruchung nicht gewachsen. Auch nimmt bei gleicher Messereinstellung die Strichdicke mit wachsender Geschwindigkeit ab, so daß man bald an einen Punkt kommt, an dem der Zuwachs an Geschwindigkeit durch Vermehrung der Strichzahl ausgeglichen wird. Ferner erschwert die höhere Geschwindigkeit die Beobachtung des Streichvorganges und macht bei feinen Gummierungen ein Verbessern von Fehlern unmöglich. Aus diesem Grunde haben sich Neuerungen, die auf schnelleres Gummieren abzielen, nicht durchsetzen können. Dazu gehören außer der erwähnten Maschine mit zwei Trockentischen auch die rotierenden, die an Stelle des Heitztisches eine beheizte Blechtrommel besitzen. Ihre Verwendung beschränkt sich auf das sog. Kaschieren, d. h. auf grobe, meist unvulkanisierte Gummierungen, die nur zum Zusammenkleben mehrerer Stofflagen dienen sollen. Da diese Fabrikation im Abschnitt über Latexverarbeitung näher beschrieben wird, soll sie hier nur kurz erwähnt werden.

Andrerseits gibt es eine ganze Anzahl Stoffe, die vom ersten bis zum letzten Strich langsam gestrichen werden müssen. Dazu gehören außer den bereits genannten karierten Mantelstoffen, Trikot, Offset- und Rotationsdrucktücher, Kratzentücher mit abziehbarer Platte sowie gestrichene Platte für Gummifäden.

### Gummieren auf trockenem Wege

1. **Allgemeines.** Eine Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit durch schnelleres Streichen ist schon aus dem Grunde überflüssig, weil man in dem trockenen Streichen auf dem Kalander ein gutes Mittel besitzt, viele Stoffe billig und schnell zu gummieren. Man unterscheidet drei grundsätzlich verschiedene Methoden, für die es leider keine brauchbaren deutschen Namen gibt: Friktionieren, Skimmen und Coaten. Alle drei können auf einem normalen Dreiwalzenkalander ausgeführt werden, der Gleich- und Ungleichgang besitzt. Die Walzen dürfen nur ganz schwach bombiert sein. Zur Ausrüstung gehören ferner eine gebremste Abwickelvorrichtung für den Stoff und eine mit Reibungskupplung versehene, angetriebene Aufwicklung. Streichkalander sollen immer durch einen Reguliermotor angetrieben werden, da man dann langsam anfangen und die Geschwindigkeit allmählich auf die höchstzulässige steigern kann. Diese richtet sich nach der Stärke des Gewebes und beträgt bei schwachen Stoffen etwa 6 bis 8 m/min; bei Segeltuch u. ä. kann man unbedenklich weit höher gehen, bis auf 18 bis 20 m/min. Es ist aber zu beachten, daß durch vermehrte Zuggeschwindigkeit der Stoff sehr stark gereckt wird. Soll er aber im Gebrauch nicht schrumpfen, wenn er naß wird, so hält man die Streichgeschwindigkeit niedriger. Dies trifft vor allem für das Friktionieren zu, beim Skimmen und noch mehr beim Coaten ist die Gefahr des Reckens weit kleiner.

Über die Mischungen läßt sich sagen, daß diese für Kalt- und Warmvulkanisation dienen können. Zum Friktionieren eignet sich jede Mischung, die durch passende Heizung der Kalanderwalzen plastisch



wird ohne zu schmieren oder vorzeitig zu vulkanisieren. Zum Skimmen und Coaten kann jede Mischung Verwendung finden, die sich zu einer einwandfreien Platte ziehen läßt. Hierin liegt auch die Grenze für die Anwendbarkeit des trockenen Streichens. Da es kaum möglich ist, gute Platten unter 0,13 mm Stärke zu ziehen, und da die Platten meist auf eine vorgestrichene Unterlage aufgelegt werden, so ergibt sich, daß Gummierungen unter 150 g/qm auf trockenem Wege nicht herzustellen sind. Trotzdem ist die Anwendungsmöglichkeit sehr groß.

2. **Das Friktionieren.** Hierunter versteht man ein Verfahren, bei dem die Gummimischung in das Gewebe eingepreßt wird, so daß es möglichst vollständig damit imprägniert ist. Der Kalandr muß zu diesem Zweck Ungleichgang besitzen, wobei die mittlere Walze etwa doppelt so schnell läuft wie die äußeren. Der Arbeitsgang ist folgender (Abb. 534): Die gut

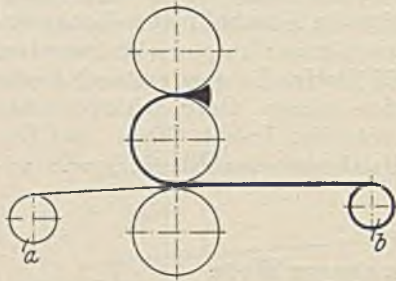


Abb. 534. Friktionieren und Skimmen  
a) gebremste Abwickelrolle  
b) angetriebene Aufwickelrolle

vorgewärmte Mischung wird auf der Auslaufseite des Kalanders zwischen obere und mittlere Walze gesteckt und um letztere herumgeführt. Die Temperatur ist am höchsten bei der Mittelwalze, die obere soll etwas, die untere bedeutend kälter sein. Die absoluten Höhen richten sich nach der verwendeten Mischung, sind daher auszuprobieren. Sehr gummireiche Mischungen erfordern höhere Temperatur als stark mit Faktis oder Mineralien gefüllte. Von letzteren

erleichtert besonders Zinkweiß das Friktionieren, während aktiver Gasruß ohne Zusatz von Weichmachungsmitteln die Mischung zu steif macht. Bei beschleunigten Mischungen ist ein Zusatz von Erweichern immer ratsam, damit die Temperatur nicht zu hoch genommen zu werden braucht. Schnell anspringende Beschleuniger sind überhaupt unbrauchbar, da die Friktionsmischungen ziemlich lange heiß gehalten werden.

Sobald die Mischung auf der Mittelwalze läuft und genügend plastisch ist, werden die Walzenabstände reguliert. Dies geschieht mit Hilfe kleiner Stoffproben, die man durch das untere Kaliber laufen läßt. Hierbei muß der Stoff den gesamten Gummi von der Walze abnehmen, gut damit durchtränkt sein, ohne Quetschungen (von zu geringem) oder zuviel Gummi (von zu großem Walzenabstand herrührend) zu zeigen. Immer müssen beide Walzenabstände gleichzeitig verändert werden; der obere muß so groß sein, daß die Gummipatte das richtige Gewicht hat, der untere ist etwas größer als die Stoffdicke. Sind die Proben zufriedenstellend, so wird der Kalandr auf langsamsten Gang geschaltet und der Stoff sorgfältig gerade angelegt. Da er am Gummi festklebt, muß er nach dem Durchtritt sofort abgelöst und bis zur Aufwickelrolle gezogen werden. Ist er hier glatt angelegt, so kann die Geschwindigkeit langsam gesteigert werden. Es ist besonders wichtig, nur völlig glatte Stoffe zu friktionieren. Beutelnde Stoffe sind niemals glatt zu strecken, selbst

nicht bei übermäßiger Bremsung. Je glatter der Stoff ist, desto weniger muß die Ablaufbremse angezogen werden und damit verringern sich auch die Gefahren des Ausreckens und Zerreißen.

Soll der Stoff zweiseitig friktioniert werden, so ist beim zweiten Gang darauf zu achten, daß die Stoffporen bereits gefüllt sind, die Aufnahmefähigkeit für Mischung daher herabgesetzt ist. Sie beträgt nur etwa die Hälfte der ersten Seite. Der obere Walzenabstand ist deshalb zu verringern. Beim Aufrollen läßt man auch hier ein gebremstes Zwischenleinen einlaufen.

Das Friktionieren ist üblich bei Ein- und Umlagen für Schläuche, allen Voll- und Cordgeweben für Bereifungszwecke, Treibriemen, Transportbänder u. a. m.

**3. Das Skimmen.** Durch das Friktionieren werden hauptsächlich die Stoffporen ausgefüllt, auf den Stoff wird nur wenig Gummi abgelagert. Soll diese Schicht verstärkt werden, so kann dies am einfachsten durch das sog. Skimmen geschehen. Dies erfolgt in genau der gleichen Weise

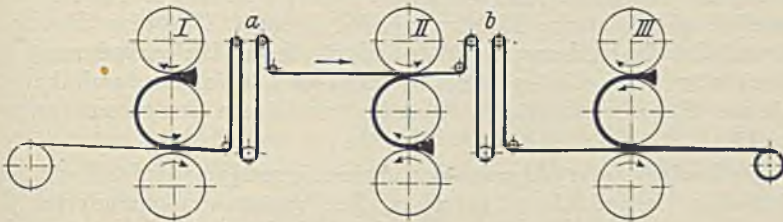


Abb. 535. Friktionieren und Skimmen in einem Arbeitsgang. Kal. I und II laufen mit Frikktion, III im Gleichgang. a und b Ausgleichsschleifen. Die Pfeile geben die Laufrichtung von Stoff und Kalanderwalzen an

wie das Friktionieren, nur daß hierbei der Kalanders im Gleichgang läuft. Es wird also eine dünne Gummipolierwalze gezogen und gleichzeitig auf die Frikktionsschicht aufgedrückt. Der untere Walzenabstand muß so groß sein, daß das gewünschte Gummigewicht durchgelassen wird, der obere wird so bemessen, daß die Gummipolierwalze etwas stärker ist als sie endlich werden soll. Solange der Kalanders leer läuft, geht die Gummipolierwalze glatt durch das untere größere Kaliber; sobald der Stoff eingesteckt wird, soll sich eine kleine Gummipolierwalze bilden. Fehlt diese, so ist der obere Walzenabstand zu klein; der Stoff bekommt dann zu wenig Gummi. Damit die Polierwalze sich glatt von der Kalanderswalze löst, muß ihre Qualität ziemlich hochwertig sein. Kleine Zusätze von Stearinsäure oder Palmöl erleichtern das Ablösen.

Hat man sehr viele Stücke fortlaufend zu gummierten, z. B. Cordgewebe für Autoreifen, so kann man die gesamte Arbeit in einem Gang ausführen. Man braucht dazu drei Kalander mit möglichst gleichem Gang. Die beiden ersten friktionieren das Gewebe beiderseitig, der dritte legt die Skimmenschicht auf. Geringe Gangunterschiede der Kalander werden durch Ausgleichsschleifen unschädlich gemacht (Abb. 535). Natürlich muß solche Fließanlage mit allen Hilfsmitteln zur Kontrolle der Gewichte und Temperaturen ausgerüstet sein.



Die Kontrolle erfolgte früher fast ausschließlich durch unmittelbare Dickemessungen mit einem Mikrometer. Bei den heute üblichen hohen Geschwindigkeiten reicht dies nicht mehr aus. Die neuzeitlichen Meßapparate kann man in drei Gruppen einteilen. Bei der mechanischen Messung läuft die Gummiplatte oder der gummierte Stoff mit Hilfe von Transportrollen über eine ausbalancierte Waage. Diese ist so eingestellt, daß sie bei richtiger Dicke Null anzeigt. Jede Abweichung nach oben oder unten kann durch Licht- oder Klingelsignal angezeigt werden. Bei der dielektrischen Messung wird die Platte zwischen den Platten eines Kondensators durchgeführt. Dessen nicht geerdeter Belag steht mit einem abgestimmten, geschlossenen Schwingungskreis in Verbindung, der von einem Oszillator aus erregt wird. Letzterer besteht in üblicher Weise aus Eingangstransformator, Elektronenröhre und Oszillatorkreis. Jede Dickenänderung der zu messenden Platte verstimmt durch Kapazitätsänderung des Meßkondensators den Schwingungskreis gegen den Oszillator, was sofort an einem selbstregistrierenden Milliamperemeter zu sehen ist (Verigraph). Bei der magnetischen Messung werden zwei im Normalfall gleich starke Elektromagnete benutzt. Der eine Eisenkern rollt auf der Kalenderwalze und ändert durch Dickenänderung der Gummiplatte seine Eintauchtiefe in die Spule. Die hierdurch hervorgerufenen Stromschwankungen werden an einem Amperemeter aufgezeigt.<sup>6</sup>

**4. Das Coaten.** Beim Skimmen wird gummiimprägnierter Stoff mit einer zusätzlichen Gummiauflage versehen. Soll dagegen ungummiertes Ge-

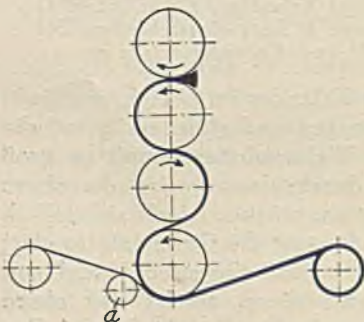


Abb. 536. Coaten, a) Druckrolle

webe einseitig gummiert werden, ohne daß dies auf der anderen Seite zu sehen sein darf, so kann dies nur durch Coaten geschehen. Dies gilt also besonders für Regenmäntelstoffe. Der Gegensatz zum Skimmen liegt darin, daß zunächst eine Gummiplatte gezogen wird, die nachträglich mit schwachem Druck auf den Stoff gepreßt wird. Da die Haftung der Platte nur schwach ist, ist es vorteilhafter, dem Stoff auf der Streichmaschine einen ganz leichten Vor-

strich mit gut klebender Mischung zu geben. Dies erhöht den Wert des Stoffes erheblich und man erspart noch eine ganze Anzahl Striche. Da die meist dünne Platte sehr exakt gezogen sein muß, nimmt man am besten einen Vierwalzenkalender. Der Arbeitsgang verläuft nach Abb. 536. Der Kalender besitzt vor seiner untersten Walze eine Weichgummirolle, die durch Gewichtshebel angepreßt werden kann. Der zu gummierende Stoff, der mit Vor- und Nachläufer versehen sein muß, wird bei entlasteter Druckrolle zwischen dieser und der Kalenderwalze unter dem Kalender durchgeführt und auf

<sup>6</sup> Dieterich, E. O. — Rub. Age 25 (1929) Nr. 7

einer Aufwickelrolle angelegt. Dann läßt man den Kalandar laufen und reguliert die Plattenstärke ein. Sobald diese dem verlangten Gummierungsgewicht entspricht, wird die Aufwickelvorrichtung und gleichzeitig die Druckrolle eingeschaltet. Hierdurch wird die Platte mit ganz sanftem Druck auf den Stoff aufgepreßt, wobei ein Durchdrücken nicht erfolgen kann. Es leuchtet ein, daß ein leichtes Vorgummieren wünschenswert ist. Bei exaktem Kalandar sind absolut glatte Oberflächen erzielbar, so daß sich dies Verfahren besonders für schwere Mantelgummierungen (Lederol) eignet. Von den drei Arten der Trockengummierung ist sie diejenige, die den Stoff am wenigsten beansprucht und daher auch mit leichten Geweben durchgeführt werden kann. Daß sie verhältnismäßig wenig angetroffen wird, liegt nur daran, daß die meisten Mantelstoffe 160 cm breit liegen, der Kalandar also 2000 mm Ballenlänge haben muß. So große Kalandar sind aber selten vorhanden.

### Weitere Operationen vor der Vulkanisation

1. **Bedrucken.** Zahlreiche Stoffe werden mit Druckmustern versehen. Es sind dies ein großer Teil der Regenmantelstoffe sowie die zur Herstellung von Schürzen, Badehauben, Gürteln usw. bestimmten. Es ist früher üblich gewesen, die karierte Abseite von Gummimänteln mit gewöhnlichen Druckfarben im Hochdruckverfahren herzustellen. Dieses sehr einfache Verfahren hat aber die beiden großen Nachteile, daß Hochdruck auf dem weichen Gummistoff keine scharfen Konturen zuläßt und daß die meist manganhaltigen Sikkative des Druckfirnisses den Gummi sehr schnell zerstören. Deshalb werden heute nur noch Gummifarben im Tiefdruckverfahren benutzt. Zum Drucken geeignete Mischungen müssen viel Deckpigment enthalten, am besten in Form hochprozentiger Lithopone (Silbersiegel). Es können alle vulkanisiererechten Farbstoffe verwendet werden; am besten eignen sich die organischen wegen ihrer Ausgiebigkeit. Da oft Kontrastfarben aufgedruckt werden, z. B. Blau auf Gelb, Grün auf Rot, ist die Menge des Deckpigmentes und der Farbe so groß zu nehmen, daß die dünne Farbschicht den Untergrund gut abdeckt. Sonst bekommt man nur schmutzige Töne. Genaue Verhältnisse lassen sich nicht angeben, da diese von der Art der benutzten Farbstoffe abhängen. Allgemein gilt, daß braune Töne am besten decken, dann folgt Gelb, Violett, Grün, Blau, zuletzt Rot. Schwarz wird mit Gasruß hergestellt. Sollen weiße Flächen bedruckt werden, so kann man das Deckpigment mit Vorteil fortlassen; die Farben erhalten durch den hellen Untergrund besondere Leuchtkraft. Sehr schöne Effekte erzielt man durch Drucken mit farbigen Bronzen. Doch erfüllen nur wenige die zu stellenden Bedingungen. Zunächst müssen sie aus Reinaluminium hergestellt sein; sie dürfen absolut kein Kupfer enthalten. Dann sollen die Farben vulkanisiererecht sein, was nur selten zutrifft. Es werden meist basische Farbstoffe verwendet, die bei der Kaltvulkanisation zerstört werden. Gegen Heißluftvulkanisation bei niedrigerer Temperatur sind sie meist weniger empfindlich. Es ist nicht anzuraten, das Bedrucken erst nach der Vulkanisation vorzunehmen, was allerdings mit Rücksicht auf



die Farben als Ausweg erscheinen könnte. Auf der gepuderten, harten Oberfläche haftet der Druck schlecht und nutzt sich schnell ab. Bronze-druckfarben werden in einfachster Weise so hergestellt, daß in eine dünne Gummilösung soviel Bronzepulver eingerührt wird, daß gute Deckung erfolgt. Da das schwere Pulver — und auch das für andere Druckfarben benutzte Pigment — schnell zu Boden sinkt, muß die Farbe vor Gebrauch immer gut aufgerührt werden. Man kann unbedenklich dieselben Druckfarben für Kalt- und Warmvulkanisation benutzen, braucht also für letztere keine Vulkanisationsmittel zuzusetzen. Die dünne Gummischicht vulkanisiert ohne weiteres mit.

Die benutzten Druckmaschinen sind die für Tiefdruck üblichen. Man kann sie für beliebig viele Farben (1 bis 6) erhalten. Bis zu drei Farben können auf einem Gegendruckzylinder gedruckt werden, bei mehr Farben sind dann zwei hintereinander angeordnet. Natürlich wächst mit der Zahl der Farben die Schwierigkeit, die Musterwalzen in richtige Übereinstimmung zu bringen; man begnügt sich daher meist mit drei

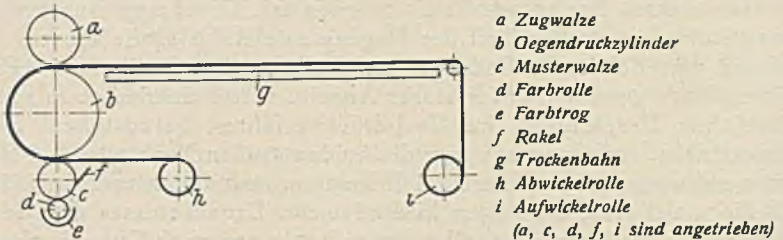


Abb. 537. Druckmaschine

Farben. Die Musterwalzen bestehen aus Bronze oder Stahl; letzterer ist zwar schwieriger zu gravieren, hat aber eine bedeutend längere Lebensdauer. Das Drucken verläuft nach Abb. 537 (Einfarbendruck) so, daß bei herabgeschraubter Musterwalze und ausgehängtem Rakel der Vorläufer zwischen Musterwalze und Gegendruckzylinder hindurch über die Trockenbahn hinweggezogen und auf der Aufwickelrolle angelegt wird. Dann läßt man die Maschine laufen, bis der Anfang des Stoffes erscheint. Nun wird die Musterwalze hochgeschraubt, das Rakel eingehängt und beide in Gang gesetzt. Die Musterwalze nimmt von der Auftragwalze Farbe mit und wird durch das Rakel gereinigt. Erst wenn die Walze von allen angetrockneten Farbresten sauber ist, wird die Zugwalze eingeschaltet, die den Gegendruckzylinder und den Stoff durch Reibung mitnimmt. Zu starken oder zu schwachen Druck kann man dann durch Verstellen der Musterwalze leicht verbessern.

**2. Dublieren.** Mehrlagige Stoffe werden in der Regel zunächst gummiert und dann auf besonderen Dublierkalandern vereinigt. Wenn die Stoffe friktioniert werden, kann man manchmal das Dublieren gleichzeitig ausführen, doch eignet sich dieses Verfahren nur für schwere Stoffe, die der hohen Zugbeanspruchung gewachsen sind. Meist benutzt man Kalandrier leichter Bauart (Abb. 538). Sie besitzen eine Stahl- und

eine Gummiwalze, die durch Gewichtshebel oder Federdruck die notwendige Pressung erhalten. Die weitere Ausrüstung besteht in zwei gebremsten Abwickel- und einer angetriebenen Aufwickelrolle. Es ist vorteilhaft, wenn die eine Abwickelrolle durch einen Handhebel seitlich verschoben werden kann, damit man beide Stoffe kantengerade dublieren kann. Sind nämlich die Stoffe etwas schief aufgewickelt, so decken sie sich nur unvollkommen und es entsteht viel Abfall. Durch seitliche Steuerung der einen Rolle kann der Fehler leicht ausgeglichen werden. Von größter Wichtigkeit ist, daß die Anfänge genau angelegt werden und daß beide Rollen mit gleicher Spannung laufen. Bei mehreren Lagen — bei Kratzentüchern bis zu acht — erhöhen sich die Schwierigkeiten. Dem Dublieren muß daher stets besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

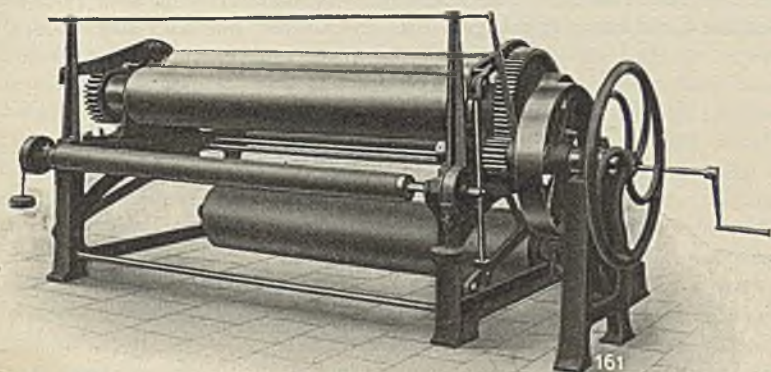


Abb. 538. Dublierkalander (Berstorff, Hannover)

**3. Das Pudern.** Freiliegende Gummiflächen werden gepudert, damit sie ihre Klebrigkeit verlieren und einen bestimmten Griff (Finish) bekommen. Nur Stoffe, die vor der Vulkanisation lackiert werden, erhalten keinen Puder. Für kaltvulkanisierte Gummierungen nimmt man ganz vorwiegend Maismehl. Seltener werden Roggen- und Kartoffelmehl benutzt. Alle Mehlsorten müssen sehr gut getrocknet sein. Sie enthalten erhebliche Mengen Wasser, die durch Salzsäurebildung bei der Vulkanisation schädliche Wirkung ausüben können, außerdem durch Dextrinbildung eine unsaubere Oberfläche verursachen. Man muß das Mehl deshalb immer in Trockenschränken halten und unmittelbar aus ihnen heraus verarbeiten. Wenn man einen fertig vulkanisierten und gelüfteten Stoff mit stark verdünnter Jodlösung betupft, soll der Fleck rein blau werden. Purpurfärbung beweist, daß Dextrinbildung stattgefunden hat, daß also das Mehl zu feucht war. Besonders bei feuchtwarmer Witterung ist diesem Punkt erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen.



Maismehl wird durch das Vulkanisierbad nicht vollständig abgewaschen. Es »brennt« fest und erzeugt einen weichen samtigen Griff. Helle Farben werden durch den leichten grauen Schimmer nicht beeinträchtigt. Dunkle Töne, besonders Schwarz, erscheinen mit Maismehl immer etwas grau. Um dies möglichst zu vermeiden, darf man dunkle Gummierungen niemals sofort nach dem Streichen pudern. Man muß sie vielmehr einige Male umwickeln oder über Kühlflächen laufen lassen, bis sie vollständig ausgekühlt sind. Besser ist es, sie noch mindestens 24 Stunden stehen zu lassen, da hierdurch der Gummi sich erholt und an Klebrigkeit verliert. Er nimmt dann weniger Puder an und dieses läßt sich beim Vulkanisieren besser abwaschen.

Roggenmehl haftet infolge der größeren Struktur weniger auf Gummi und wird beim Vulkanisieren vollständig abgewaschen. Es wird deshalb hier und da für dunkle Gummierungen verwendet, gibt aber leicht einen feuchten Griff und speckiges Aussehen. Nur bei der Herstellung von

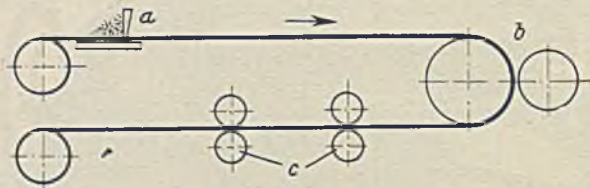


Abb. 539. Pudermaschine

- a) Pudertisch mit Abstreichmesser
- b) Zugwalze mit Gegenbürste, gekapselt
- c) Bürstenpaare, gekapselt

farbigem, kalt vulkanisiertem Lederol (siehe dieses) ist es mit Vorteil zu verwenden. Kartoffelmehl wird nur zur Herstellung von Seideneffekten verwendet (siehe unter Elektrizstoffe).

Zum Pudern warmvulkanisierter Stoffe nimmt man Talkum, Glimmer (Mica), Magnesiumkarbonat und Zinkstearat. Talkum wird meist als 000 oder 0000 angewendet. Es ist allgemein üblich für alle technischen Erzeugnisse, Bettstoffe, Drucktücher, Kratzentücher usw., also überall, wo es nicht auf leuchtende Farben ankommt. Es verhindert sicher das Zusammenkleben unvulkanisierter Teile und ergibt einen weichen Griff. Es verschwindet aber nicht bei der Vulkanisation, gibt also einen grauen Ton, der bei farbigen Gummierungen nicht zu dulden ist. Hier kann man oft Glimmer verwenden, der weniger stark deckt. Man muß aber bei der Anwendung vorsichtig sein, da ein Zuviel unangenehme Glanzstellen ergibt. Bei nicht zu stark klebenden Gummierungen, die in Heißluft vulkanisiert werden sollen, ist oft Magnesiumkarbonat zu empfehlen. Es verschwindet bei der Heizung und erzeugt stumpfe Oberfläche. In der Kesselheizung bewährt es sich weniger, da es sehr schnell vom Gummi aufgenommen wird, bevor die Vulkanisation eintritt. Beim Heizen Gummi auf Gummi kleben die Flächen daher leicht zusammen. Kann Talkum nicht verwendet werden, weil die Oberflächen puderfrei sein sollen, so nimmt man besser Kartoffelmehl, muß dann aber für voll-

kommenen Ausschluß von Feuchtigkeit sorgen. Sehr gut, aber leider auch teuer, ist Zinkstearat. Es verhindert das Kleben sicher, verschwindet vollständig beim Vulkanisieren und gibt saubere, blanke Oberflächen. Es eignet sich daher besonders für Heißluftheizung von Stoffen, die nachträglich lackiert werden sollen.

Als Pudermaschine dient die in Abb. 539 skizzierte Vorrichtung. Der Stoff läuft von der gebremsten Abwickelvorrichtung über die Puderaufgabe, die aus einem Brett mit Abstreichmesser aus Holz, besser aus Eisen besteht. Die Schneide soll schmal, aber abgerundet sein, damit der Stoff nicht verletzt wird und nicht zuviel Puder mitgenommen wird. Dann wird der Stoff über eine Zugtrommel mit Bürste und durch zwei bis drei Paare rotierender Bürstenwalzen geschickt, wo der Überschuß an Puder abgefegt und die Rückseite sauber gebürstet wird. Jedes Paar befindet sich in einem besonderen Kasten, aus dem der aufgewirbelte Staub durch einen Ventilator abgesaugt wird. Bei dem großen Verbrauch an Pudermaterial ist es zweckmäßig, es nicht in die Luft zu blasen, sondern durch Bethfilter o. ä. abzufangen. Natürlich müssen diese sowie die Sammelbehälter vor dem Wechseln des Pudermaterials entleert werden. Dieses kann nach Absieben und Trocknen wieder benutzt werden. Es ist zweckmäßig, hinter die Puderaufgabe und zwischen die einzelnen Bürstenkästen Elektrizitätsableiter einzubauen. Wollene Stoffe werden beim Pudern stark elektrisch und halten dann das Mehl hartnäckig fest. Auch die Stoffseite zieht dann das Puder an und dieses läßt sich durch Bürsten kaum entfernen. Auf dunkelblauen und schwarzen Stoffen sieht man diese Puderflecke besonders deutlich; nach der Kaltvulkanisation ist das Mehl dann festgebrannt und läßt sich nur durch langwierige chemische Reinigung entfernen, was der Gummierung nicht zuträglich ist.

### Die Kaltvulkanisation

Bis vor wenigen Jahren war die Kaltvulkanisation die ganz überwiegend angewendete Methode. Aber auch heute noch hat sie erhebliche Bedeutung, so daß eine eingehende Besprechung gerechtfertigt ist.

Von den zwei Arten: Dunst- und Badvulkanisation, hat hier nur die zweite Berechtigung. Es ist natürlich möglich und auch oft versucht worden, leichte Gummierungen im Dunst zu vulkanisieren. Dies ist aber falsch, da die nie ausbleibende Salzsäure in Kürze die Gewebe zerstört. Man hat versucht, diese Schädigungen zu vermeiden, indem man die Gewebe vorher mit verdünnter Sodalösung imprägnierte oder die vulkanisierten Stoffe sofort in einer Ammoniakatmosphäre neutralisierte. Beides ist eine unnötige Verteuerung, letzteres oft sogar schädlich, da das Ammoniak die frisch vulkanisierte Gummischicht unter Verfärbung angreifen kann. Auffällig ist die schlechte Alterung von mit Ammoniak neutralisierten Gummierungen. Demgegenüber liefert die richtig ausgeführte Naßvulkanisation sehr zufriedenstellende Ergebnisse, ohne daß man zu zweideutigen Mitteln Zuflucht nehmen muß. Die scheinbare Verteuerung durch den Verbrauch an Lösungsmitteln für den Chlorschwefel



wird durch die bedeutend größere Leistungsfähigkeit des Verfahrens mehr als ausgeglichen. Man kann annehmen, daß zwei Arbeiter höchstens 500 m Stoff je Schicht im Dunst vulkanisieren können, da die Dunstschränke meist nicht mehr als 60 m aufnehmen und die gesamte Operation mit Ein- und Aushängen der Stoffe etwa eine Stunde in Anspruch nimmt. Eine einfache Naßvulkanisieranlage kann aber in derselben Zeit mindestens 3000 m bewältigen, wenn eine mechanische Stoffaufhängevorrichtung angegliedert ist. Nimmt man dazu, daß die Dosierung des Chlorschwefels einfacher ist und daß bei sorgfältiger, gleichmäßiger Arbeitsweise auch einwandfreie gleichmäßige Resultate erzielt werden, so ist es einleuchtend, daß nur die nasse Methode verwendet werden sollte.

Der benutzte Chlorschwefel soll hellgelb sein.<sup>7</sup> Braune Farbe deutet auf Zersetzung; solche Ware darf nicht verwendet werden. Der Chlorschwefel soll auch beim Abdestillieren keinen erheblichen Rückstand aufweisen. Da der konzentrierte Chlorschwefel viel zu stark wirkt, wird er nur in verdünnter Lösung von 1 bis 6 Volumenprozent angewendet. Angaben von Gewichtsprozenten haben keinen Sinn, da diese mit dem verwendeten Verdünnungsmittel schwanken. Früher wurde ausschließlich Schwefelkohlenstoff benutzt. Er besitzt ein großes Quellungsvermögen für Gummi, so daß die Diffusionsgeschwindigkeit des Chlorschwefels sehr groß wird. Dadurch sollte die Vulkanisation angeblich sehr gleichmäßig verlaufen, während anderen Lösungsmitteln der Vorwurf gemacht wurde, daß infolge der geringeren Diffusionsgeschwindigkeit die tieferen Partien unvulkanisiert blieben bei übervulkanisierter Oberfläche. Diese zweifellos richtige theoretische Erwägung spielt aber in der Praxis gar keine Rolle. Die außerordentlich dünnen Filme werden von jedem Lösungsmittel in ausreichend kurzer Zeit durchtränkt. Gegenüber diesem eingebildeten Vorteil hat Schwefelkohlenstoff aber sehr schwerwiegende Nachteile. Zunächst ist er so giftig, daß bei seiner Benutzung die größten Erschwerungen seitens der Gewerbepolizei in Kauf genommen werden müssen. So dürfen nur erwachsene Arbeiter verwendet werden und diese auch nur vier Stunden am Tage. Ferner ist besondere Arbeitskleidung vorgeschrieben, die auch in den Pausen zu wechseln ist, der Arbeitsraum muß eine bestimmte Anzahl Kubikmeter Luftraum je Arbeiter besitzen, endlich muß jeder Arbeiter regelmäßig vom Gewerbearzt untersucht und auf dessen Verlangen anderweitig beschäftigt werden.<sup>8</sup> Dazu kommt die große Brandgefahr, die viele und meist sehr störende Sicherungsmaßnahmen seitens der Feuerwehr bedingt. Endlich haben Schwefelkohlenstoff und mit ihm die sonst sehr brauchbaren Halogenkohlenwasserstoffe einen schweren technischen Nachteil, ihr hohes spezifisches Gewicht. In dem benutzten Bade bilden sich trotz aller Vorsicht Verunreinigungen, aus Zersetzungsprodukten

<sup>7</sup> Die analytische Prüfung geschieht am besten durch Siedeanalyse, s. Frank u. Marckwald — Gummi-Ztg. 28 (1913) Nr. 40

<sup>8</sup> Die genauen gewerbepolizeilichen Vorschriften datieren vom 1. Juli 1902 und sind noch heute unverändert in Kraft. Sie müssen in jedem Raum aushängen, in dem mit Schwefelkohlenstoff gearbeitet wird.

und abgeschwemmtem Pudermaterial bestehend. Diese schwimmen bei spezifisch schweren Bädern oben und lagern sich auf der Gummierung ab. Es ist daher besonders bei feuchtem Wetter fast unmöglich, saubere Stoffe zu erhalten.

Von Halogenkohlenwasserstoffen werden Tetrachlorkohlenstoff und Trichloräthylen benutzt. Sie sind weniger giftig als Schwefelkohlenstoff und unbrennbar. Ihr spezifisches Gewicht ist aber noch höher. Auch ist ihr Preis so hoch, daß sie volumenmäßig fast das dreifache kosten wie Schwefelkohlenstoff. Sie haben sich daher nur ganz begrenzt Eingang verschaffen können.

Die besten Ergebnisse lassen sich mit Leichtbenzin erzielen. Es ist physiologisch so harmlos, daß bei seiner Verwendung die gewerbe-polizeilichen Vorschriften wegfallen. Die Brennbarkeit ist bedeutend geringer als bei Schwefelkohlenstoff; bei Verwendung gut geerdeter Elektrizitätsableiter gehören Brände im Vulkanisierapparat zu den größten Seltenheiten. Auch preislich stellt sich Leichtbenzin am günstigsten; da es neuerdings ebenso wie Lösungsbenzin zollfrei abgegeben werden darf, ist es dem Volumen nach etwa 30% billiger als Schwefelkohlenstoff. Infolge des niedrigen spezifischen Gewichtes sinken alle Verunreinigungen zu Boden, so daß die Stoffe sauber bleiben. Ein kleiner Nachteil ist der höhere Siedepunkt (60 bis 100°), doch läßt sich dem leicht durch etwas stärkere Heizung der Trockentrommel im Vulkanisierapparat abhelfen.

Da alle erwähnten Lösungsmittel feucht sind, am meisten Leichtbenzin, rauchen die fertigen Bäder stark und zersetzen sich mit der Zeit. Man kann aber dies stark zurückdrängen, wenn man die Bäder mit einem alkalischen Trockenmittel versetzt, das Wasser und Säure bindet. Als besonders geeignet ist Natronkalk zu nennen, der am besten in der grob gekörnten Form angewendet wird. 100 bis 200 g auf 50 Liter sind ausreichend. Hierdurch bleibt das Bad dauernd klar und frisch, so daß man nur den Verbrauch ersetzen muß. Eine Einwirkung des Natronkalkes auf den unzersetzten Chlorschwefel findet nicht statt. Chlorschwefel und Bäder sind außerhalb des Vulkanisiererraumes in trockenen Räumen aufzubewahren. Als Vorratsbehälter dienen enghalsige Flaschen aus Glas oder Steinzeug, die in säurefest lackierten eisernen Kippständern stehen. Weidenkörbe verrotten schnell und sind wegen der erhöhten Bruchgefahr unbrauchbar. Zum Abfüllen des Chlorschwefels kann man sich mit Vorteil eines Säurehebers aus Blei bedienen.

Da die Laufgeschwindigkeit der Stoffe in der Vulkanisiermaschine immer dieselbe ist (etwa 9 m/min), muß man die Stärke des Bades der Dicke der Gummischicht anpassen. Außerdem ist sie abhängig vom Kautschukgehalt der Mischung; je höher dieser ist, um so höher muß die Konzentration des Bades sein. Man rechnet bei Reingummi (über 90% Kautschuk) für Gummierungen bis zu 80 g/qm etwa 2 Vol.%, bis 150 g etwa 4 Vol.%, darüber 6 Vol.%. Doch sind diese Zahlen von örtlichen Verhältnissen etwas abhängig. Es ist daher immer notwendig, die Vollständigkeit der Vulkanisation nachzuprüfen und eventuell die



Badstärken danach zu berichtigen. Richtig vulkanisierte Gummierungen dürfen nach mehrstündigem Liegen in Benzin nur schwach quellen und müssen noch erhebliche mechanische Widerstandsfähigkeit besitzen. Einseitig gummierte Stoffe müssen sich in Benzin stark aufrollen. Auch die beschleunigte Alterungsprüfung nach G e e r - E v a n s läßt sich zur Prüfung heranziehen. Untervulkanisierte Stoffe werden in 1 bis 2 Tagen schmierig, übervulkanisierte werden hart und bekommen bald den bekannten sauren Geruch. Richtig vulkanisierte Stoffe sollen etwa 8 Tage aushalten, ohne zu kleben oder brüchig zu werden. Dies ist nicht als übertrieben anzusehen, da richtig zusammengesetzte und gut vulkanisierte Kaltvulkanisate Lebensdauern von mehr als fünf Jahren erreichen können.

Die technische Durchführung der Kaltvulkanisation geschieht in Vorrichtungen ähnlich der in Abb. 540 skizzierten. Sie bestehen im wesent-

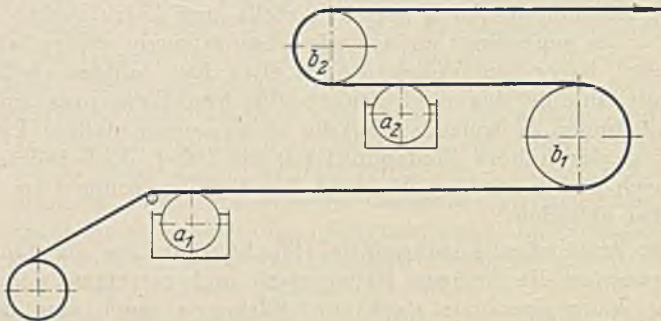


Abb. 540. Doppeltwirkende Vulkanisiervorrichtung  
 $a_1$  u.  $a_2$  Chlorschwefeltröge  
 $b_1$  u.  $b_2$  beheizte Umkehrtrommeln  
 (Die Führungsrollen für den Stoff sind weggelassen)

lichen aus einem Trog für das Vulkanisierbad, in dem eine Rolle sich drehen kann. Diese taucht in das Bad ein, nimmt etwas davon mit und streicht es auf dem Stoff ab, der durch Führungsrollen angedrückt wird und durch seine Bewegung die Rolle in Drehung versetzt. Dann wird der Stoff über eine heizbare Trommel geführt, die zum Trocknen dient. Werden wie in der Skizze noch ein zweites Bad und eine weitere Heiztrommel dahinter angeordnet, so kann man doppelseitig gummierte Stoffe in einem Arbeitsgang vulkanisieren. Der ganze Apparat ist gekapselt und mit einer wirksamen Absaugung versehen.

Das Gehäuse besteht am zweckmäßigsten aus gut gefirnißtem Holz. Blech ist wegen der starken Korrosion durch die Säuredämpfe weniger ratsam, zum mindesten muß es säurefest angestrichen sein. Auf die Korrosionsgefahr ist überhaupt zu achten; alle Führungsrollen sollen aus Holz oder verbleitem Eisen bestehen, alle Schrauben usw. sind säurefest zu lackieren. Die Heiztrommeln werden mit einer mehrfachen Lage von Nessel überzogen, der von Zeit zu Zeit erneuert werden muß.

Kupfer und Messing dürfen nirgends verwandt werden. Der Trog besteht meistens aus Holz, das innen mit Bleiblech ausgeschlagen ist. Die Vulkanisierrolle ist immer ein besonders empfindlicher Teil. Am geeignetsten ist Mahagoniholz, das aber sehr teuer und schwer ist. Brauchbar sind auch Esche und andere zähe Hölzer, die nicht reißen. Eiche, Buche und harzige Hölzer sind unbrauchbar. Wegen des großen Gewichtes der Rolle soll diese nur wenig breiter sein als der zu vulkanisierende Stoff. Bei schmalen, leichten Geweben (Kunstseide) kann es sonst geschehen, daß die Rolle nicht mitgenommen wird und die Vulkanisation ungleichmäßig ausfällt. Man hat schon mehrfach versucht, ein besseres Material für die Rolle zu finden. So hat man unglasiertes Porzellan genommen, ist aber wieder davon abgekommen. Auch die Reinhaltung des verbleiten Holztroges ist schwierig und selten befriedigend durchzuführen. Erst die neuzeitlichen Kunststoffe haben einen guten Ersatz ermöglicht. Besonders Bakelit ist ein ausgezeichnetes Material für Trog und Rolle. Man verwendet ihn am besten in der Form von Hartpapier (z. B. Pertinax), das sich gut formen läßt und nahezu unbegrenzt widerstandsfähig ist. Der Trog wird halbrund geformt; alle Teile, Ablaufstutzen, Lager für die Rolle usw. können aus demselben Material bestehen. Die Wandstärke der Rolle braucht 1 cm nicht zu übersteigen; da sie hierdurch sehr leicht wird, kann man auch schmale Stoffe unbedenklich auf der breitesten Rolle vulkanisieren. Man erspart somit die Haltung verschiedener breiter Rollen sowie den Aufenthalt beim Umwechseln. Die Praxis hat gezeigt, daß mit der Verwendung von Pertinax ein großer Fortschritt erzielt wird, zumal Trog und Rolle sich sehr leicht reinigen lassen.

Es war früher üblich, die Stoffe nach der Vulkanisation noch mit Ammoniak zu neutralisieren. Hiervon ist man fast vollständig abgekommen, da dies Verfahren schwere Nachteile hat. Die Behandlung mit Ammoniak wirkt nämlich nur, solange der Stoff noch frisch vulkanisiert ist. Es hat sich nun gezeigt, daß in vielen Fällen der Vulkanisationsgrad und damit die Alterung erheblich verschlechtert wurde, ein nicht ganz geklärter Vorgang, der aber einige Ähnlichkeit mit der bekannten Reversion bei Warmvulkanisation zeigt. Auch zeigen lithoponehaltige Gummierungen oft bräunliche Flecken, die nicht zu beseitigen sind. Wenn man, wie es wohl stets geschieht, den Mischungen etwas Magnesia zusetzt und wenn man möglichst neutrale Bäder benutzt, erübrigt sich jede Neutralisation. Man muß nur die Stoffe unmittelbar im Anschluß an die Vulkanisation gründlich lüften. Am besten geschieht dies so, daß die Stoffe aus der Vulkanisiervorrichtung auf eine mechanische Wanderbahn gelangen, wo sie in Bahnen aufgehängt und langsam bis zur Aufwickelvorrichtung transportiert werden. Besitzt man diese Einrichtung nicht, so werden die Stoffe zunächst aufgerollt und dann sofort von Hand aufgehängt. Die zur Lüftung dienenden Räume müssen gut ventiliert werden. Um zu vermeiden, daß durch das Eindringen kalter Frischluft in die warmen Räume sich Feuchtigkeit auf den Stoffen niederschlägt, wird am besten vorgewärmte Luft eingepreßt und die verbrauchte am Boden abgesaugt.



## Die Warmvulkanisation

So gut auch die richtig geführte Kaltvulkanisation für viele Stoffarten ist, so hat sich doch immer gezeigt, daß an andere Fabrikate Ansprüche gestellt werden, die durch Chlorschwefelvulkanisate nicht erfüllt werden können. Solche Bedingungen sind: besondere Öl- und Säurefestigkeit (Drucktücher), Sterilisierbarkeit (Verbandtät, Hospitalstoffe), Tropenfestigkeit (Kamerastoffe, Regenmäntel für tropische Klimate), hoher Widerstand gegen atmosphärische Einflüsse (Ballon-, Faltboot- und Wagenverdeckstoffe). Hier ist nur die Warmvulkanisation am Platze. All die genannten Einflüsse wirken sich bei gummierten Stoffen viel stärker aus als bei massiven Artikeln, da die dünne Gummihaut zer-

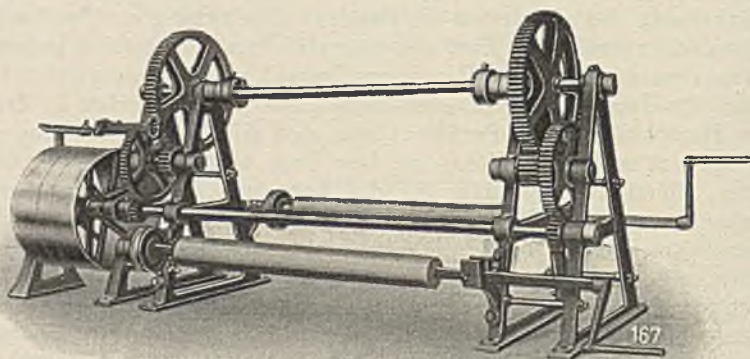


Abb. 541. Wickelmaschine (Berstorff, Hannover)

störenden Einflüssen schneller unterliegt als Artikel mit geringerer Oberfläche.

Bis vor einigen Jahren kannte man nur zwei Arten der Warmvulkanisation: im Kessel und in der Presse. Beide werden noch jetzt für gewisse Zwecke gebraucht. Für schwere, mehrfach dublierte Stoffe ist die Kesselheizung immer noch angebracht; die Presse kommt allerdings fast nur für Transportbänder, Treibriemen u. ä. in Frage. Da diese Artikel in einem anderen Abschnitte behandelt werden, kann die Pressenheizung hier fortbleiben.

Bei der Heizung in direktem Dampf muß vor allem dafür gesorgt werden, daß keine Feuchtigkeit an den Stoff herankommen kann. Zum mindesten entstehen sonst unentfernbar Wasserflecke, aber es besteht bei empfindlichen Mischungen auch die Gefahr, daß der Gummi porös und schwammig wird. Die Vulkanisation erfolgt auf einer Eisentrommel, deren Durchmesser dem des Kessels angepaßt ist. Liegende Kessel, in die die Trommel auf einem Wagen hängend eingefahren wird, sind stehenden vorzuziehen. Die oft ziemlich dicken und sehr schweren Stoffwickel verschieben sich leicht, wenn sie aufrecht stehen, wodurch der

Feuchtigkeit der Zutritt erleichtert wird. Die Trommel wird zunächst mit mehreren Lagen Nessel umwickelt, um eine glatte weiche Unterlage zu schaffen. Darüber kommt ein stramm sitzender Gummischlauch, dessen Enden so weit über die Trommel hinausstehen müssen, daß sie über den fertigen Stoffwickel gezogen werden können und übereinandergreifen. Damit dieser Mantel viele Heizungen aushält, muß er aus sehr wärmebeständiger Qualität hergestellt sein. Am geeignetsten sind Rußmischungen, die ohne Schwefelzusatz mit 2 bis 3% Thiuram auf den Gummigehalt vulkanisiert wurden. Geeignet sind auch Beschleuniger mit großem Plateau-effekt (z. B. 2% Vulkacit F) bei nur 1,2 bis 1,5% Schwefel.<sup>9</sup>

Auf den Gummischlauch wird der zu heizende Stoff aufgewickelt, und zwar so stramm wie möglich. Eine hierzu geeignete Vorrichtung zeigt Abb. 541. Stoffe, die eine glatte Oberfläche haben sollen, können ohne Zwischenleinen aufgewickelt werden, wenn sie mit Talkum gepudert sind. Zweiseitig gummierte werden einfach rund gewickelt, einseitige werden von der Mitte des Stückes aus doppelt genommen und Gummi auf Gummi gewickelt. Ist die Gummierung mit einem verschwindenden Puder behandelt (Magnesia alba, Zinkstearat), so muß ein gummierter Zwischenläufer verwendet werden, der natürlich wie der Hezsack aus wärmebeständiger Qualität bestehen muß. Um den Stoffwickel kommen noch mehrere Lagen gummierten Stoffes, der seitlich etwas überstehen soll. Dann wird der Hezsack von beiden Seiten herübergezogen. Es ist ratsam, die Überlappung noch besonders durch feste Bandagen gegen Zutritt von Nässe zu sichern. Die größte Länge, die man auf eine Trommel wickeln kann, hängt von der Stärke des Stoffes ab. Bei schweren Stoffen, wie Faltboot- und Drucktücher, wird man ungern über 50 m gehen, wenn nicht vom Kunden größere Längen vorgeschrieben sind. Bei Verbandtätist kann man auf 120 m gehen. Da Gummi ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, wächst mit der Dicke des Wickels die Schwierigkeit, den Stoff gleichmäßig zu vulkanisieren. Man darf bei der Vulkanisation nicht sofort auf vollen Dampfdruck gehen, sondern muß langsam damit steigen. Aber selbst wenn man die Steigung so langsam nimmt, daß der Wickel vollständig durchgewärmt wird, muß man immer damit rechnen, daß die Mitte des Wickels kürzer geheizt wird als die außen liegenden Teile. Die üblichen Beschleuniger wirken ja nicht erst bei der endgültigen Temperatur, sondern weit eher. Beschleuniger, die zeitig anspringen, die zu Reversion neigen, sowie solche mit ausgeprägtem Vulkanisationsoptimum sind daher für Kesselheizung ganz ungeeignet. Es kommen nur solche in Betracht, die mit verzögertem Einsatz arbeiten, hohen Plateau-effekt besitzen und ein Minimum von Schwefel verlangen. Solche Beschleuniger sind z. B. Ureka C und Vulkacit F. Es ist nicht ratsam, den Schwefelgehalt höher als etwa 1,5% zu nehmen. Dies ist um so notwendiger, als die Verwendung wirksamer Antioxydantien nur in den Fällen möglich ist, in denen es auf die Farbe

<sup>9</sup> Sehr lehrreiche Daten hierüber gibt Booth, E. W. — Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 555



nicht ankommt. Die besten Antioxydantien verfärben sich am Licht sehr schnell, so daß sie für farbige Stoffe unbrauchbar sind. Dazu kommt noch, daß Stoffe, die starker Lichtwirkung ausgesetzt sind, um so besser altern, je niedriger der Vulkanisationskoeffizient ist. Die üblichen Alterungsschutzmittel versagen bei der Lichtalterung vollständig, so daß man sie hier fortlassen kann. Weiteres hierüber siehe weiter unten.

Nach Erreichung des höchsten Druckes wird dieser die in Versuchen ermittelte Zeit über gehalten. Dann wird der Dampf abgelassen und der Stoff aus dem Kessel entfernt. Trotz aller Vorsichtsmaßregeln zeigen sich doch noch häufig Wasserflecken. Man hat daher versucht, einen anderen Weg einzuschlagen. Der Kessel ist entweder doppelwandig oder

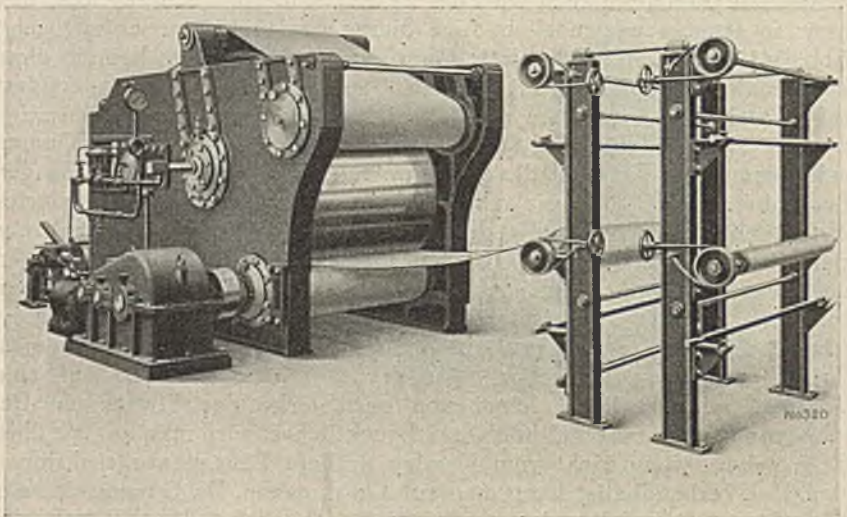


Abb. 542. Kontinuierliche Stoffvulkanisiermaschine  
(Berstorff, Hannover)

besitzt Heizschlangen, so daß er immer warm gehalten werden kann. Nach dem Einbringen des Stoffes wird nun zuerst Druckluft eingepreßt ( $2\frac{1}{2}$  bis 3 Atü) und nur von außen erhitzt. Da Luft die Wärme schlecht überträgt, muß durch Einbau eines Ventilators oder einer Druckluft-Zirkulationspumpe für schnelleren Wärmeaustausch gesorgt werden. Die Temperatur muß hier natürlich mit einem Thermometer kontrolliert werden. Erst wenn die Innentemperatur auf 100 bis  $110^\circ$  gestiegen ist, wird langsam etwas Dampf eingeblasen, aber nur soviel, daß der Taupunkt nicht unterschritten wird. Zum Schluß wird der Dampfzusatz etwas erhöht. Maßgebend für den Verlauf der Vulkanisation bleibt aber immer das Thermometer. Die Resultate sind befriedigend, aber mit komplizierterer Apparatur und verlängerter Vulkanisationszeit erkauft.

Alle diese Nachteile, die teure und langwierige Arbeit des Einwickelns, die lange Vulkanisationsdauer und der dadurch bedingte geringe Durchsatz haben zur Konstruktion grundsätzlich neuer Vulkanisationsvorrich-

tungen geführt. Für leichtere Stoffe ist das Problem durch die weiter unten beschriebene Heißluftvulkanisation weitgehend gelöst. Für schwere Stoffe sind nach langem Bemühen in letzter Zeit sehr beachtliche Erfolge erzielt worden. Das Prinzip ist sehr einfach (Abb. 543). Die mit dem Pfeil bezeichnete Trommel wird mit Dampf beheizt. Der zu vulkanisierende Stoff wird mittels eines gespannten Laftuches an die Trommel angepreßt und langsam weiterbewegt. Hierbei wird er vulkanisiert. Die Hauptschwierigkeiten bei der Konstruktion dieser Maschine lagen in folgenden Punkten: 1. Das Transportband ließ sich nicht gleichmäßig spannen. 2. Es mußte erst ein geeignetes Material für das Band gefunden werden. 3. Die Leistung der Maschine war sehr niedrig. Die beiden ersten Mängel sind in der in Abb. 542 und 543 gezeigten Maschine überwunden; der dritte Punkt wird sich durch passende Einstellung der Mischungen auch verbessern lassen. Die Vorteile der Maschine sind so groß, daß eine besondere Mischtechnik voll berechtigt erscheint. Die Maschine verbraucht sehr wenig Dampf, sie liefert absolut gleichmäßige Vulkanisate, übernimmt das Dublieren und braucht wenig Aufsicht.

Die neueste Konstruktion ist folgende: Die mit automatischer Temperaturregelung versehene Heißtrommel liegt in einem schweren Rahmen. Sie ist mit Hochglanz poliert, kann aber auch für Gummimatten usw. mit Riefen versehen werden. Das Druckband besteht aus einem sehr engmaschigen Stahldrahtgewebe, das sich auch bei stärkstem Zug nicht längt. Die Führung geschieht durch vier Walzen, von denen die auf der Skizze rechts liegende als Spannrolle dient. Das Spannen erfolgt durch

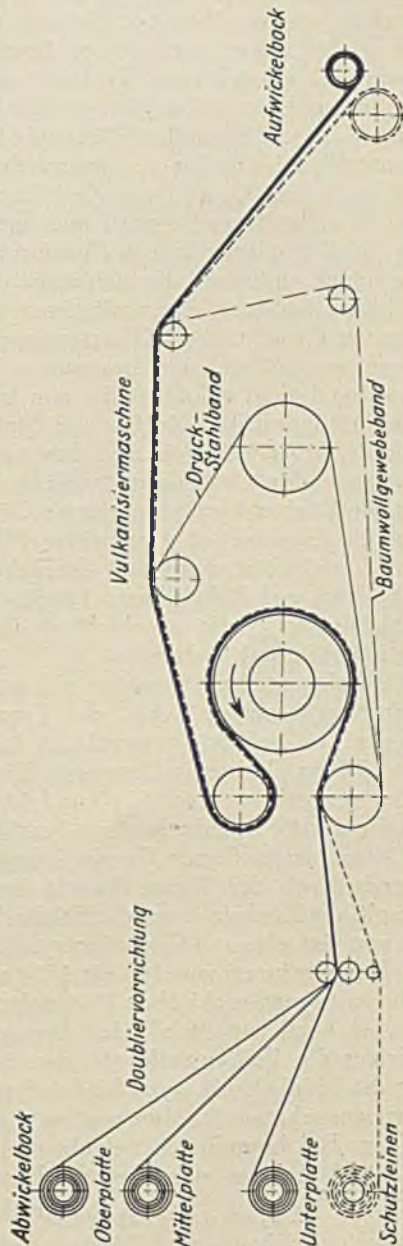


Abb. 543. Schema der Patent-Vulkanisiermaschine (Berstorff, Hannover)



zwei hydraulische Preßzylinder, deren einer in Abb. 542 zu sehen ist (in dem Schlitz links im Rahmen). Die Betätigung erfolgt von Hand oder bei Vorhandensein einer Druckanlage durch diese. Vor Inbetriebnahme der Maschine muß das Stahlband mit einer hitzebeständigen Gummiauflage versehen werden. Dies geschieht in einfachster Weise, indem man die rohe Platte unter genügender Spannung des Druckbandes zwischen diesem und der geheizten Trommel einlaufen läßt. Dadurch wird es vulkanisiert und verbindet sich unlöslich mit dem Band. Zum Schutz des Gummis gegen übermäßige Erhitzung läuft im Gebrauch noch ein Asbest-Baumwollband mit, das also zwischen Druckband und dem zu heizenden Stoff liegt. Der Antrieb der Maschine erfolgt an der unteren Führungsrolle. Die Heitztrommel wird nur durch die Reibung zwischen ihr und dem Heizling mitgenommen. Hierdurch kann zwischen beiden kein Gangunterschied eintreten, der sich sonst durch Blumenbildung zeigen würde. Die Stoffe liegen in einer mit Bremse versehenen Abwickelvorrichtung. Zwischen dieser und der Heitztrommel befinden sich noch zwei Dublierwalzen, so daß sich ein besonderer Dublierkalender erübrigt. Da das Asbestband nicht ganz glatt ist und leicht fasert, muß immer ein Schutzleinen mitlaufen. Bei Matten und Stoffen mit Gewebeumlage genügt ein starkes glattes Gewebe ohne besondere Präparierung. Bei Stoffen mit außenliegender Gummierung würde ein solches aber anvulkanisieren. Man muß daher hier präpariertes Gewebe verwenden. Am einfachsten ist wohl doppelseitig gummierter Stoff, der aber ziemlich oft ersetzt werden muß. Es sind zur Zeit Versuche im Gange, einen hitzebeständigen Lack, etwa auf Bakelitbasis, hierfür zu verwenden. Das Aufrollen der vulkanisierten Stoffe geschieht in üblicher Weise durch angetriebene Friktionsrolle mit Steiglager.

Die Leistung der Maschine richtet sich nach dem Umfang und der Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel sowie nach der Temperatur. Die zur Zeit größte Trommel hat 1,5 m Durchmesser und demzufolge etwa 3,5 m Vulkanisationsweg. Die Geschwindigkeit kann in drei Stufen geregelt werden, 5, 10 und 15 Minuten Vulkanisationsdauer entsprechend. Die Stundenleistung beträgt somit 42 bzw. 21 und 14 m. Für die Anwendung dieser Geschwindigkeiten ist maßgebend; der zu erzielende Preis der Ware, die mit der Dicke des Stoffes steigende Anheizzeit, die Rücksicht auf die Haltbarkeit respektive Wärmeempfindlichkeit von Gewebe und Gummierung. Bei Baumwolle kann man unbedenklich Temperaturen von 140 bis 150° anwenden; bei Wolle, Hanf, Kunstseide sollte man nicht über 130° gehen.<sup>10</sup>

Es ist auch zutreffend, daß Gummierungen um so besser altern, je niedriger die Vulkanisationstemperatur ist.<sup>11</sup> Die neue Maschine bietet aber die Möglichkeit, auch bei niederen Temperaturen mit kurzen Heizzeiten auszukommen. Man muß in diesem Falle Ultrabeschleuniger verwenden. Bei kompliziert aufgebauten Stoffen, etwa für Faltboote oder Drucktücher, kann man aber die Beschleuniger nicht der Streichlösung

<sup>10</sup> Stoll, L. — Gummi-Ztg. 43 (1929) S. 2218

<sup>11</sup> Neueste Ergebnisse und Literatur bei Shepard und Street — Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 574

zufügen, da schon beim Streichen Anvulkanisation eintreten und diese das Haften beim Dublieren beeinträchtigen kann. Nach der weiter unten beschriebenen Methode kann man aber die Ultrabeschleuniger dem fertig gestrichenen Stoff durch Diffusion aus benzolischer Lösung einverleiben. Man geht daher so vor, daß man alle Einzellagen fertig streicht, unmittelbar vor der Vulkanisation alle Gummischichten mit der Lösung der Ultrabeschleuniger behandelt und sie dann in einem Arbeitsgang auf der Vulkanisiermaschine dubliert und heizt. Es dürfte bei richtiger Dosierung möglich sein, auch bei Temperaturen von etwa  $130^{\circ}$  mit 5 bis 10 Minuten Heizzeit einschließlich Anwärmen auszukommen. Wenn man bedenkt, daß in einem normalen Kessel gleichzeitig nur zwei Trommeln mit zusammen 100 bis 120 m Faltbootstoff verarbeitet werden können und daß dies einschließlich Ein- und Auswickeln mindestens vier Stunden in Anspruch nimmt, ergibt sich die Wirtschaftlichkeit der neuen Maschine ohne weiteres. Sie leistet im Durchschnitt dasselbe, aber mit erheblich geringerem Aufwand an Dampf, Arbeitslöhnen, Hilfsmaterialien (Wickelstoffen) und gibt ein erheblich gleichmäßigeres und besseres Fabrikat.

Die dritte Vulkanisationsmethode, freihängend in heißer Luft, besitzt ziemlich weitgehende Anwendungsmöglichkeit. Sie ist es auch, die in der modernen Ausführungsform der Kaltvulkanisation starken Abbruch macht. Die ältesten Heißluftkammern wurden meist aus Ziegelmauern mit isolierender Zwischenschicht gebaut. Am Boden und an den Seitenwänden lagen die Heizkörper. Die Schmalseiten hatten Schiebetüren aus Holz, so daß mit 4 bis 600 m Stoff beladene Wagen eingefahren werden konnten. Vorrichtungen zur Umwälzung der Luft waren, wenn überhaupt, nur in sehr bescheidenem Maße vorhanden. Es leuchtet daher ein, daß nur sehr unempfindliche Mischungen verwendet werden konnten. Vor Einführung der organischen Vulkanisationsbeschleuniger konnte man Luftheizung nur mit Hilfe von viel Bleiglätte durchführen. Sie war daher auf schwarze Gummierungen beschränkt, zumeist für dublierte Mantelstoffe.

Die Einführung der organischen Vulkanisationsbeschleuniger hat hier Wandel geschaffen. Man arbeitet heute kontinuierlich und erzielt dadurch ungefähr die gleiche Leistung, wie sie bisher nur bei der Kaltvulkanisation möglich war. Es gibt bereits zahlreiche Konstruktionen, die aber alle darin gleich sind, daß der Stoff in der Kammer in Schlangenumwindungen über zahlreiche Rollen geführt wird, so daß er einen langen Weg zu durchlaufen hat. Durch Anordnung der Heizkörper außerhalb des eigentlichen Vulkanisationsraumes und durch energische Luftumwälzung wird erreicht, daß überall die gleiche Temperatur herrscht (Abb. 544). Versieht man den Heizschrank noch mit einem zuverlässigen automatischen Temperaturregler, so beschränkt sich die Bedienung eines solchen Schrankes auf das Anheften neuer Stücke an das Ende des vorhergehenden und die Abnahme der fertig vulkanisierten. Bei einem Vulkanisationweg von 75 m und einer Heizzeit von 30 Minuten erhält man 150 m vulkanisierten Stoff je Stunde. Bei geringerer Heizdauer ist die Leistung natürlich höher, doch ist aus den oben ge-



nannten Gründen nicht zu empfehlen, die Temperatur über  $130^{\circ}$  zu steigern. Da dieses Verfahren sich für alle Arten ein- oder doppelseitig gummierter Stoffe, ebensogut aber auch für einmal dublierte eignet, sollte man alle Streichmischungen so einstellen, daß sie bei derselben Temperatur und Geschwindigkeit vulkanisiert werden können. Man erspart damit zeitraubende Umstellungen an dem Heizschrank, von dem ein Stück selbst für große Stoffstreichereien ausreicht. Man nimmt daher als Heiztemperatur eine solche, bei der selbst empfindliche kunstseidene Stoffe nichts von ihrer Festigkeit oder ihrem Aussehen einbüßen. Dies trifft unbedingt zu, wenn man nicht über  $110^{\circ}$  geht.

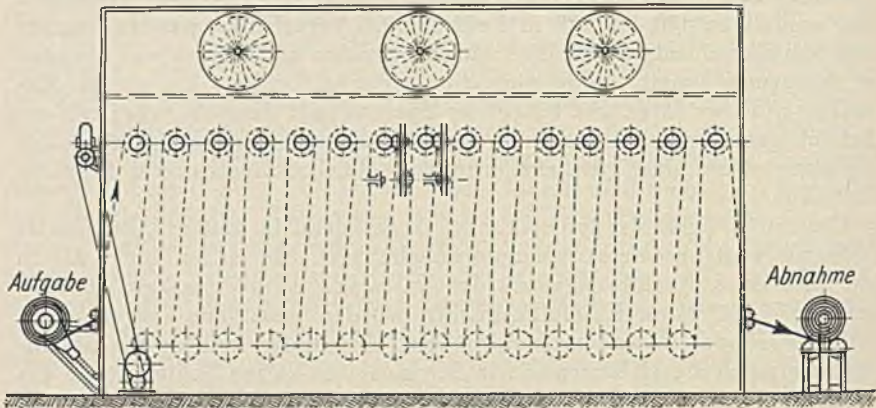


Abb. 544. Heißluftschrank für kontinuierliche Vulkanisation  
(Benno Schilde, Hersfeld)

Hierfür eignen sich nur Mischungen mit Ultrabeschleunigern. Da Gummilösungen, die neben Schwefel und Zinkoxyd Ultrabeschleuniger enthalten, nicht lagerbeständig sind und in wenigen Tagen vulkanisieren, muß man eins der folgenden Verfahren anwenden. Man rührt in das Tagesquantum der Streichlösung die entsprechende Menge Ultrabeschleuniger in konzentrierter benzolischer Lösung ein. Oder man streicht abwechselnd mit zwei Lösungen, die sich vollständig gleichen, nur daß die eine den Schwefel, die andere den Ultrabeschleuniger enthält. Beide Verfahren haben den Nachteil, daß die Stoffe bereits während des Streichens anvulkanisieren und daß besonders bei zu dublierten Stoffen die Klebkraft herabgesetzt wird. Am einfachsten und besten ist die dritte Methode. Die Streichmischung enthält Schwefel (nicht über 1,5% auf Gummi), Zinkweiß, Füllstoffe, eventuell Stearinsäure und einen mäßig starken Beschleuniger (Merkapto, F oder ähnliche). Nach dem Streichen werden die Stoffe mit einer etwa 3proz. Lösung eines oder mehrerer Ultrabeschleuniger in Benzol behandelt. Man kann dies in einer Kaltvulkanisiervorrichtung ausführen, nur muß der Bleitrog durch einen aus gut gefirnissetem und schellackiertem Holz oder aus Pertinax angefertigten ersetzt werden, da die meisten unedlen Metalle die Beschleunigerlösung vorzeitig zersetzen. Besitzt man keine

solche Anlage, so kann man sich eine solche leicht bauen. Abb. 545 zeigt das Prinzip. Diese Vorrichtung wird unter eine Streichmaschine gestellt und der Stoff über deren Abzugstrommel rückwärts über den Streichtisch geführt und aufgewickelt. Dazu muß der Antriebsriemen gekreuzt werden. Nimmt man diese Behandlung unmittelbar vor dem Dublieren vor, so ist die Bindung einwandfrei. Freiliegende Gummierungen müssen natürlich im Anschluß an das Beschleunigerbad noch gepudert werden.

Es hat sich gezeigt, daß nach diesem Verfahren hergestellte Stoffe sowohl im Dunkeln wie im Licht wesentlich besser altern als die bei höherer Temperatur und mit höherem Schwefelgehalt vulkanisierten. Die Bequemlichkeit und Billigkeit des Verfahrens wird voraussichtlich die Kaltvulkanisation stark verdrängen. Die beiden einzigen Mängel, die ihm anhaften sind: man kann schwere, steife Stoffe noch nicht auf diese Weise verarbeiten und der »Finish« entspricht nicht dem, den man mit

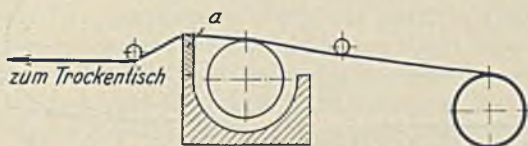


Abb. 545. Vorrichtung zum Behandeln mit Ultraschleunigern und zum Lackieren  
a Abstreifleiste mit Samtbezug, nur beim Lackieren benutzt

Maismehl und Chlorschwefel erhält. Die durch die Säurewirkung hervorgerufene teilweise Hydrolyse der Stärke (das sog. »Anbrennen«) gibt dem vulkanisierten Stoff den seidigen Griff und den matten Schimmer, der sich noch großer Beliebtheit erfreut. Es ist aber anzunehmen, daß diese beiden Mängel sich überwinden lassen, der erstere durch konstruktive Maßnahmen, der zweite, wenn nicht anders, durch geeignete Aufklärung des Publikums über die Vorteile der warm vulkanisierten Stoffe.

### Typische Beispiele

1. Kaltvulkanisierte Stoffe. Das Hauptgebiet hierfür sind Gummimäntel. Leichte, farbige Damenmantelstoffe aus Seide, Kunstseide und Baumwolle erhalten meist eine transparente Gummierung. Es ist nicht ratsam, sie ganz ohne weißen Faktis herzustellen, da dieser eine glattere und weichere Oberfläche ergibt. Bei den heutigen Gummipreisen nimmt man etwa 80% helle Crepe, 19% weißen Faktis und 1% Magnesia usta schwer. Man kann auch unbeschadet der Transparenz bis zu 20% Kreide einmischen, aber nur feinst geschlämmte, also Burgenländer oder Champagnekreide. Schwerere Stoffe und einfarbige Kaschmirs werden dagegen mit deckender Gummierung und häufig mit Druck hergestellt. Hier ist die Verwendung von Faktis überflüssig. Man nimmt etwa 60% Gummi, 10 bis 20% Lithopone, 1% Magnesia, Farbstoffe und ergänzt auf 100% mit Kreide. Die Gummierungsgewichte richten sich nach der Beschaffen-



heit des Gewebes; es muß vor allem völlig wasserdicht sein. Feine Seide und Batist erfordern von einer spezifisch leichten Transparentmischung etwa 50 bis 70 g/qm, Köper und Kaschmir 100 bis 150 g, schwere halb-wollene Phantasiestoffe bis 200 g/qm. Dies letztere gilt für gedeckte Gummierung.

Ein besonderer, früher sehr beliebter Effekt ist der Seidenschimmer, auch als »Elektrikstoff« bekannt. Seine Herstellung ist nicht schwierig, bedarf aber großer Sorgfalt. Die besten Resultate erzielt man nach folgendem Verfahren: Zum Pudern wird Kartoffelmehl benutzt, das vollständig trocken sein muß. Feuchtes Mehl wird zu stark dextriniert und gibt dann statt des Seidenschimmers eine häßliche Schmiere. Abb. 546

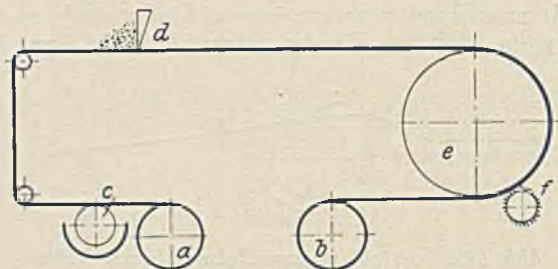


Abb. 546. Vulkanisier- und Pudervorrichtung für Elektrikstoffe

- a) Abwickelrolle
- b) Aufwickelrolle
- c) Chlorschwefelbad
- d) Pudervorlage mit Abstreichmesser
- e) beheizte Trommel
- f) rotierende Bürste

zeigt die Vorrichtung. Der Stoff wird zunächst mit einem sehr verdünnten Chlorschwefelbad ( $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  %) behandelt und noch naß mit Kartoffelmehl eingepudert. Auf der Heitztrommel E wird er getrocknet, wobei eine rotierende Bürste den Überschuß des Mehls abfegt. Durch diesen Vorgang wird das Mehl auf dem Stoff festgebrannt, ohne daß eine wesentliche Vulkanisation eintritt. Nach einigem Liegen erfolgt dann die zweite Behandlung mit einem nunmehr normalen Chlorschwefelbad. Die so hergestellten Elektrikstoffe sind am widerstandsfähigsten gegen Abreiben.

Auch Doubleestoffe lassen sich kalt herstellen. Die Hauptmenge des vorgesehenen Gummierungsgewichtes kommt auf den Oberstoff, das Futter wird nur eben klebend gemacht (1 bis 2 Striche mit dünnem Messer). Nur der Oberstoff wird vulkanisiert und das Futter sofort im Anschluß daran aufdubliert. Der Überschuß an Chlorschwefel sorgt dabei für gute Bindung beider Stofflagen. Danach wird gelüftet.

Bettstoffe wurden früher mit wenig Gummi, viel Faktis und noch mehr Kreide hergestellt. Heute nimmt man etwa 40 bis 50% Gummi und sonst nur noch mineralische Füllstoffe. Das Gummierungsgewicht beträgt bei leichten Bettstoffen 250 bis 270 g, bei normaler Ausführung 330 bis 350 g.

Schwerere Bettstoffe werden meist nur auf besonderen Wunsch angefertigt. Kalt vulkanisierte Bettstoffe können nicht durch Kochen sterilisiert werden. Man nimmt flüssige Desinfektionsmittel, verdünnte Sublimatlösung, Formalin, Lysoform.

**2. Warmvulkanisierte Stoffe.** Wenn auch die Zusammensetzung der Gummierung hier vom Verwendungszweck stärker abhängt als bei Kaltvulkanisaten, so braucht man die Mannigfaltigkeit nicht zu übertreiben. Eine gute Grundmischung, die sich für jede Art der Vulkanisation eignet, besteht aus 100 Teilen Crepe, 5 Teilen Zinkweiß, 1,5 Teilen Schwefel und 1 bis 1,5 Teilen Vulkacit F. Das Vulkanisationsoptimum dieser Mischung liegt etwa bei  $\frac{1}{2}$  Stunde auf  $130^{\circ}$ . Doch besitzt sie ein so ausgeprägtes Plateau, daß geringe Überheizung fast keinen Einfluß auf die Alterung hat. Ohne weitere Zusätze kann man sie für Seidengummierung, Verbandbatist u. ä. benutzen. Für Ballonstoffe eignet sie sich auch, nur müssen etwa 5 Teile Paraffin zugesetzt werden. Antioxydantien haben in diesem Fall gar keinen Wert, nur Paraffin gibt einen brauchbaren Schutz gegen Sonnenbestrahlung. Aber nicht jede Sorte Paraffin ist geeignet; man muß dies erst durch Lichtalterungsproben feststellen.

Durch Zusätze zu obiger Grundmischung kann man fast alles erreichen. 50 Teile Neuburger Kieselkreide ergeben eine sehr stramme Mischung, die sich trotzdem gut zum Friktionieren von Geweben eignet. Sie dient daher als Innengummierung für Faltbootstoffe. Ersetzt man die Kieselkreide zum Teil durch deckende Pigmente und Farbstoffe, so bekommt man gute Außengummierungen für diesen Zweck. Auch Faltbootstoffe benötigen als Lichtschutz einen Zusatz von etwa 2% Paraffin auf den Gummigehalt der Mischung. Dieselben Mischungen können auch für einfache und dublierte Mantelstoffe benutzt werden, desgleichen für Wagenverdeckstoffe. Da diese zuletzt genannten Artikel vornehmlich in Heißluft vulkanisiert werden, soll ausdrücklich bemerkt werden, daß sowohl die Grund- wie die abgeleiteten Mischungen sich für die oben beschriebene Kombination mit Ultrabeschleunigern gut eignen. Da Kieselkreide säureunlöslich ist, paßt obige Mischung besonders in den Fällen, wo Säurefestigkeit verlangt wird, z. B. bei Kattundrucktüchern. Durch Erhöhung oder Erniedrigung der Menge Kieselkreide kann man jede gewünschte Härte einstellen, was besonders bei Rotationsdrucktüchern erwünscht ist.

Die Herstellung von Drucktüchern aller Art ist sehr schwierig, da die verlangten Stärken genau innegehalten werden müssen. Die Streichmaschine muß sehr exakte Walze und Messer besitzen; man nimmt daher gern erstere aus Kokillenhartguß und das Messer aus gehärtetem Stahl. Ein Zurückdrehen des Stoffes darf nicht stattfinden, nach jedem Strich muß in umgekehrter Richtung gestrichen werden. Es wird nicht nach Gewicht gearbeitet, sondern nach der durch Mikrometer kontrollierten Dicke; die Toleranz beträgt nur wenige Hundertstel Millimeter. Bisher ist die Vulkanisation nur im Kessel möglich, bei der Dicke des Stoffes (bis zu vier Stoff- und drei Gummilagen) und der Länge (bis zu 100 m) eine sehr schwierige Aufgabe. Am besten ist sehr langsame Steigung, etwa vier Stunden bis  $130^{\circ}$ , und dann noch  $\frac{1}{2}$ stündiges Halten bei



dieser Temperatur. Besonders hier ist es wichtig, möglichst wenig Schwefel und dafür mehr Beschleuniger zu nehmen, da nur so die Vorteile eines großen Plateau-effektes ausgenutzt werden können, wie sie z. B. Vulkacit F bietet. Guanidine, Aldehydamine und alle anderen Beschleuniger, die ebenfalls ein ausgesprochenes Vulkanisationsoptimum haben, führen in solchen Fällen zu Fehlerzeugnissen.

Kratzentücher nennt man mehrfach dublierte Stoffe mit unvulkanisierten Zwischenschichten und vulkanisierter Deckplatte, die in der Textilindustrie zur Herstellung der Kratzenbänder gebraucht werden. An diese Tücher werden folgende Anforderungen gestellt: Das Gewebe muß sehr fest sein und die Einzellagen dürfen sich nicht verschieben, damit die eingesetzten Stahlnadeln festsitzen und sich nicht schiefstellen. Die Deckplatte soll möglichst ölbeständig sein, ferner muß sie sich ablösen lassen, um die Verbindung der Enden zu erleichtern. Es gibt drei Arten, mit roter und grauer Platte, warmvulkanisiert, und mit marmorierter kaltvulkanisierter Patentplatte. Letztere wird natürlich nur zum Aufrauhren fertiger Stoffe verwendet, da sie nicht ölfest ist, die anderen werden in der Wollkämmerei gebraucht (Abb. 547).

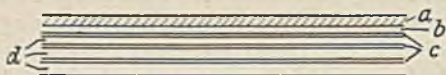


Abb. 547. Vierfach Kratzentuch

- a) Deckplatte, warm vulkanisiert (gestrichen) oder kalt (Patentplatte)
- b) Oberseitig talkiertes Gewebe
- c) Unvulkanisierte Zwischengummierung
- d) Stofflagen

Als Gewebe wird hauptsächlich Zwirnperkal mit dichter Fadenstellung genommen, der den Beanspruchungen am besten gewachsen ist. Die Zahl der Stofflagen ist meist vier bis acht. Bei der Herstellung der warmvulkanisierten Tücher muß zuerst die Deckplatte fertiggestellt werden, da die Dublierungsschichten unvulkanisiert bleiben. Damit die Platte abgelöst werden kann, wird der Stoff talkiert und abgebürstet. Darauf wird wie bei den Drucktüchern nach Dicke, meist  $\frac{1}{2}$  mm, gestrichen. Die fertige Platte wird talkiert und ohne Zwischenleinen im Kessel geheizt. Es ist hier der seltene Fall gegeben, daß die altmodischen Mischungen ohne Beschleuniger den Wünschen der Kundschaft am besten entsprechen. Die Platte soll nämlich sehr elastisch sein, sie darf also nicht viel Mineral enthalten. Um trotzdem eine gewisse Ölfestigkeit zu erzielen, muß man mit ziemlich hohem Vulkanisationskoeffizienten arbeiten. Für rote Platten nimmt man daher Goldschwefelmischungen, die ja bei ziemlich hohem Schwefelgehalt nicht ausblühen. Für die graue Platte benutzt man eine reine Gummi-Schwefelmischung mit etwas Paraffin und sorgt durch scharfes Bürsten der frisch vulkanisierten Platte, daß ein starker, gleichmäßiger Schwefelausschlag auftritt. Die verschlechterte Alterung dieser Gummierungen spielt keine erhebliche Rolle, da Kratzentücher nur auf Bestellung angefertigt werden und im ständigen Gebrauch doch nicht solange halten, daß sich dies schädlich auswirken könnte.

Nach Fertigstellung der Deckplatte werden die übrigen Stofflagen gummiert und dubliert. Um mit möglichst wenig Gummi eine genügende

Bindung zu erzielen, nimmt man sehr nervige Sorten, hard cure Para oder besonders zähe ribbed smoked sheet und mastiziert fast gar nicht. Man braucht dann allerdings 12 bis 15 Teile Benzin auf 1 Teil Gummi, um eine streichbare Lösung zu erhalten. Das Gummigewicht der Dublierung soll nur 30 bis 40 g/qm betragen.

Für Kratzentücher mit marmorierter Patentplatte ist der Arbeitsvorgang umgekehrt. Zuerst werden alle Stofflagen dubliert, dann wird eine Seite talkiert und schwach klebend gestrichen. Darauf wird dann die Patentplatte aufdubliert.

Die Kratzentücher werden in Längsstreifen geschnitten. Dann werden auf besonderen Nademaschinen die Stahlnadeln eingedrückt. Diese »Kratzenbänder« werden unter starker Spannung spiralförmig auf die Kardiertrommeln aufgewickelt. Doch gehören diese Arbeitsgänge nicht mehr in das Gebiet der Stoffstreicherei.

Lederol und andere lackierte Stoffe. Unter Lederol verstand man ursprünglich schwarze und braune Mantelgummierungen, die nach außen getragen wurden und Leder ersetzen sollten. Sie wurden auf schwerer Stoffunterlage gestrichen, z. B. schweren Satins oder Englisch Leder. Die Oberfläche mußte glatt sein und einen matten Glanz zeigen. Später wurde der Name auf jede Außengummierung beliebiger Farbe übertragen, wobei als Stoffunterlage auch sehr minderwertige Gewebe genommen wurden. Da gleichzeitig die früher sehr hohen Gummierungsgewichte (bis 400 g) stark herabgesetzt wurden, um den Artikel auch für Damenmäntel gebrauchen zu können, war es oft nicht mehr möglich, glatte Oberflächen zu bekommen. Das Gewebe zeigte seine Struktur durch die dünne Gummiauflage hindurch.

Die ersten Lederole waren meist kalt vulkanisiert, heute stellt man sie besser auf warmem Wege durch Heißluftvulkanisation her. Die Lederolmischungen müssen ziemlich hart sein; infolgedessen geht man nicht über 40% Gummi hinaus und benutzt härtende Mineralien, Schwerspat, Kaolin oder Kieselkreide. Für schwarze, warmvulkanisierte Lederole kann man mit Vorteil Mischungen nehmen, die ähnliche Zusammensetzung haben wie Autolaufstreifen. Da die Gummierung auf keinen Fall ausschweifeln darf, muß man den Schwefelgehalt äußerst herabsetzen. Über 1½% auf Gummi ist unzweckmäßig. Um trotzdem bei Heißluftvulkanisation ausreichende Ausheizung zu erhalten, benutzt man die oben beschriebene Methode der nachträglichen Behandlung der gummierten Stoffe mit Ultrabeschleunigern und dosiert diese reichlich.

Die meisten Lederole werden erst nach der Vulkanisation mit Schellack lackiert. Sie dürfen daher weder mit Talkum noch mit Maismehl gepudert sein. Die Vulkanisation bereitet daher gewisse Schwierigkeiten, da die Gummierung klebt. Auch haftet Schellack auf der blanken Gummierung nur schlecht. Beiden Übelständen wird abgeholfen, wenn man die Gummierung vor dem Vulkanisieren mattiert. Das Verfahren ist für Kalt- und Warmvulkanisation dasselbe. Bei schwarzen Stoffen dient hierzu eine stark rußhaltige Gummilösung, die man erhält, indem man in eine Lösung von 3 kg Gummi in 18 kg Benzin 4 kg Ruß im Lösungsknetter einrührt. Vor Gebrauch ist die Lösung immer gut aufzurühren. Mit zwei



Strichen erhält man eine ausreichende Mattierung. Man kann dieselbe Lösung auch für Warmvulkanisate verwenden, wenn man das Mattieren vor der Behandlung mit Ultrabeschleunigern vornimmt. Die dünne Gummischicht vulkanisiert ausreichend mit. Bei Kaltvulkanisation ist darauf zu achten, daß der Stoff nicht sofort zusammengerollt werden darf, da sich sonst das Gewebe auf der noch weichen Gummischicht abdrückt. Bei mechanischen Aufhängern ist der Stoff so zu führen, daß er mit der Gewebeseite den Stäben aufliegt und daß die Bahnen sich nicht berühren. Bei Heißluftvulkanisation ist bei periodischem Betrieb keine Gefahr, bei kontinuierlichem nur dann, wenn die Transportrollen nicht einwandfrei glatt sind. Bei farbigen Lederolen muß man anders verfahren. Die fertige Gummierung wird mit Roggenmehl eingepudert und dann mit Tetrachlorkohlenstoff gewaschen. Hierdurch wird der größte Teil des Puders wieder entfernt, es bleibt nur ein transparenter Hauch darauf, der aber den Glanz beseitigt und ein besseres Haften des Lackes gewährleistet. Die Vulkanisation wird wie bei Schwarz durchgeführt.

Zum Lackieren kann man Spiritus- und Wasserlack nehmen. Ersterer gibt stärkeren Glanz, letzterer ist matter. Da Wasserlack auf der Gummierung schlecht angreift, werden stets erst zwei Striche mit Spirituslack gemacht. Dieser ist eine etwa 5proz. Lösung von Schellack in denaturiertem Spiritus. Für schwarze Stoffe kann man roten Schellack nehmen, für hellfarbige gebleichten. In Wasser löst sich Schellack nur bei gleichzeitiger Anwesenheit von Ammoniak oder Borax. Das Auflösen in Ammoniak allein dauert lange, auch ist die Lösung nicht sehr haltbar. Am besten löst man Borax in Wasser, erhitzt zum Kochen, fügt etwas Ammoniak hinzu und sofort den Schellack. Er löst sich dann sehr schnell bis auf die Verunreinigungen. Man läßt die Lösung abkühlen und gießt sie vor Benutzung durch ein feines Drahtsieb. Mit dieser Lösung wird noch drei- bis viermal gestrichen. Es ist unvorteilhaft, die Lacklösung stärker als 5proz. zu machen. Zu dicke Lackstriche brechen leicht und es ist besser, zur Erhöhung der Gleichmäßigkeit mehrere Striche in abwechselnder Richtung zu machen. Zum Lackieren dient die in Abb. 543 gezeigte Vorrichtung.<sup>13</sup>

Es ist auch versucht worden, die Stoffe mit Öllacken zu behandeln. Die fertig gummierten Stoffe werden mit einem schnell trocknenden Leinölfirnis bestrichen und freihängend in gemauerte Trockenkammern eingeführt. Dann wird mit sehr langer Steigung — bis zu vier Stunden — angeheizt und endlich noch zwei Stunden bei etwa 130° gehalten. Vulkanisations- und Trockenzeit müssen daher übereinstimmen. Dieses Verfahren hat sehr große Mißstände. Zunächst braucht man sehr langsam vulkanisierende Mischungen, was Verminderung der Produktion und Verteuerung bedeutet. Dann sind schnell trocknende Lacke nur mit Hilfe von viel Sikkativ herzustellen. Mangansikkativ scheidet von vornherein aus, aber auch Blei- und Kobaltsikkative sind in größeren Mengen schäd-

<sup>13</sup> Nach einer in Europa unbekanntem amerikanischen Methode werden die Lederole statt dessen mit einer 1 proz. wässerigen Bromlösung behandelt. Dadurch wird die Oberfläche schwach bromiert, was einen besonders lederartigen Glanz und Griff erzeugen soll.

lich. Ferner bereitet die Aufhängung der nassen Stoffe große Schwierigkeiten, da die Bahnen leicht zusammenkleben oder sich Staub darauf ablagert. Das umständliche Verfahren ist aber unnötig, da man mit Schellack bei richtiger Ausführung durchaus zufriedenstellende Ergebnisse hat.

Schwieriger liegt der Fall bei lackierten Wagenverdeckstoffen (Rubberducks) für Limousinen u. ä. Hier wird dauernder Hochglanz verlangt, auch muß die Lackschicht gegen Knickung, Regen und Sonne genügend Widerstand besitzen. Es muß bemerkt werden, daß eine allseitig befriedigende Lösung noch nicht gefunden wurde. Schnelltrocknende Lacke, die man auf einer Streichmaschine fertigmachen kann, brechen (z. B. Asphaltlacke), Öllacke brauchen lange Trockenzeit und geben oft Anlaß zu vorzeitigem Verderben der Gummierung. Nitrolacke verbinden sich nicht mit der Gummischicht. Einfache Rubberducks, die in ihrer Anfertigung schwarzem Lederol entsprechen, bieten die meisten Schwierigkeiten beim Lackieren. Wenn man Trockenräume mit mechanischem Stofftransport hat, ist es noch am besten, den vulkanisierten Stoff mit einem Holzöllack zu behandeln, da dieser bei mäßiger Temperatur (60°) nur wenige Stunden zum Trocknen braucht, auf Gummi recht gut haftet und ziemlich indifferent ist. Die Gummierung muß natürlich in der oben beschriebenen Weise mattiert sein.

Da Rubberducks meist mit Prägung verlangt werden, soll noch bemerkt werden, daß kaltvulkanisierte Gummierungen auch nach der Vulkanisation scharfe Prägung annehmen. Man kann sie daher nach dem Lackieren prägen. Warmvulkanisate müssen vor der Vulkanisation geprägt werden, da sie nachher zu stramm sind. Die Prägung verliert sich nicht, wenn man in Heißluft bei 110° arbeitet. Benutzt man bei der in Abb. 543 gezeigten Vorrichtung einen Abstreifer mit langhaarigem Samt, so wird der Lack auch auf dem geprägten Stoff gut verteilt.

Dublierte Rubberducks bestehen meist aus einem besseren Unterstoff (Köper oder Kaschmir) und einem Oberstoff aus Nessel mit ziemlich schwerer Gummizwischenschicht. Die Oberseite des Nessels ist entweder direkt lackiert oder sie trägt ebenfalls eine Gummierung. Im letzteren Fall sind die gleichen Gesichtspunkte für die Lackierung maßgebend wie bei einfachem Rubberduck. Die dabei entstehenden Schwierigkeiten haben zu dem Ausweg geführt, den Nessel unmittelbar mit einem deckenden Lacküberzug zu versehen. Man verwendet dann die schnell-trocknenden Nitrolacke. Da bei dieser Ausführung der Lack die Prägung aufnimmt, lackiert und prägt man erst nach der Vulkanisation. Man arbeitete früher mit ziemlich minderwertigen Dublierungsmischungen. Dabei ergab sich, daß an Stellen, wo diese durchgeschlagen war, der Lack schlecht haftete. Man darf daher als Deckstoff nicht zu lose Gewebe nehmen und streicht ihn mit dünnem Messer. Wird der Stoff dann in Heißluft, also ohne Pressung vulkanisiert, so haftet der Nitrolack einwandfrei. Es ist nicht zu empfehlen, unvulkanisierte Dublierung anzuwenden, wie man es bei älteren Rubberducks findet. Die mechanische Widerstandsfähigkeit und die Bindung der Stofflagen ist hierbei zu gering.



Taucher- und Bergmannsanzüge bestehen aus starkem dubliertem Gummistoff. Bei den letzteren kommt es nur auf eine gewisse Strapazierfähigkeit an; man nimmt daher feste Nessel- und Körperstoffe und eine stramme, warmvulkanisierte Gummierung. An Taucheranzügen werden erheblich höhere Anforderungen gestellt, da von der Güte des Stoffes, seiner mechanischen und chemischen Widerstandsfähigkeit Gesundheit und Leben des Tauchers abhängen. Die Gewebe müssen sehr fest und dicht sein, auch dürfen Knoten, Schalen und größere Webefehler nicht daran sein. Am geeignetsten ist Drell, oft auch aus gewirntem Garn gewebt. Die Färbung ist weniger wichtig, bevorzugt wird Khaki. Die Gummierung ist sehr hochwertig zu wählen, am besten reine smoked sheet mit wenig Schwefel, Zinkweiß und hochaktiven Beschleunigern. Der Zusatz von etwas Paraffin und einem Alterungsschutzmittel ist ratsam. Das Gummierungsgewicht soll mindestens 400 g je Quadratmeter betragen, oft geht man noch höher. Um auch die Nähte vollkommen wasserdicht zu machen, muß die Gummiplatte ablösbar sein. Die Nähte werden nicht übereinandergesetzt, sondern man steckt die Ränder nach Ablösung einer Stoffauflage ineinander, verklebt und näht dann erst. Um dies bewerkstelligen zu können, wird das Gewebe talkiert und abgefegt. Ober- und Unterstoff sind meistens gleich. Man streicht daher das Stück ganz durch und dubliert von der Mitte aus. Behandelt man die Gummierung vor dem Dublieren mit Ultrabeschleunigern, so kann man auch in Heißluft vulkanisieren.

Trikotstoffe werden meist unvulkanisiert verarbeitet. Singlestoff dient z. B. als dehnbare Verstärkungstreifen für Badehauben, dublierter für nahtlose Armblätter. Beim Streichen von Trikot ist zu beachten, daß er schräg gewebt ist und sich daher stark längt. Trikot wird immer als Schlauch geliefert. Schneidet man diesen auf und gummiert die Bahnen einzeln, so kann die Länge um 50% und mehr zunehmen, wobei der Stoff entsprechend schmaler wird. Es ist daher besser, alle Trikotstoffe linksgewebt zu kaufen und den Schlauch zu gummieren. Damit sich die Unterseite beim Streichen nicht wirft oder verzieht, müssen die Schlauchenden zusammengeklebt werden. Außerdem wird stets mit der kleinsten Geschwindigkeit gestrichen. Um ein Durchschlagen der Gummierung zu verhindern, wird der erste Strich mit dünnem, hochgestelltem Messer aufgebracht. Bei stark klebender Mischung ist es ratsam, bereits beim Streichen der ersten Schlauchseite einen lackierten Zwischenläufer anzulegen. Da Trikot nicht gepudert wird, sind gewöhnliche Zwischenleinen nicht brauchbar.

Bei der Herstellung von dubliertem Trikot wird nur eine Seite des Schlauches gestrichen. Man kann den Zwischenläufer fortlassen. Zuerst wird der Hauptteil der Gummierung aufgebracht; zum Schluß verwendet man eine gut klebende Lösung. Den vorletzten Strich macht man in der üblichen Weise, beim letzten läßt man den Stoff nicht mehr über den Trockentisch laufen, sondern führt ihn hinter der Streichwalze unmittelbar nach unten zur Aufwickelrolle. Die Kupplung wird hierbei ziemlich stark angezogen, damit der feuchte, klebende Stoff straff aufgewickelt wird und sich so dubliert. Nach längerem Hängen (über Nacht) werden

die Kanten der Stoffrolle aufgeschnitten. Dies geschieht am einfachsten, indem man die Rolle umwickelt und gleichzeitig scharfe Messer in die Bruchkanten einsetzt. Eine Vulkanisation der Trikotarmblätter wird, wenn überhaupt, erst nach der Konfektionierung vorgenommen. Sie erfolgt im Chlorschwefeldunst; nachher müssen die Blätter gründlich gelüftet und neutralisiert werden.

Kratzentücher und Taucherstoffe boten bereits Beispiele, wo die Gummiplatte vom Stoff gelöst werden konnte. Benutzt man als Streichunterlage glatte, gummiabstoßende Tücher, so kann man mit einiger Sorgfalt die Gummiplatte nach dem Streichen von ihr ablösen und für sich verarbeiten. Man erhält so die »gestrichene Platte«. Da bereits mäßige Stärken sehr viele Striche erfordern, ist der Preis sehr hoch und beträgt ein Mehrfaches der Kalenderplatte. Wenn sie trotzdem in nicht unbeträchtlichem Maße verwendet wird, so muß sie Eigenschaften haben, die für gewisse Zwecke ausschlaggebend sind. Dies ist auch der Fall. Jede, auch die beste Kalenderplatte, zeigt Kalandereffekt. Dieser besteht bekanntlich darin, daß die Platte in der Längsrichtung leichter reißt als senkrecht dazu. Entsprechend ist die Dehnbarkeit in der Längsrichtung kleiner als in der Querrichtung. Geschnittene Platte<sup>14</sup> besitzt allerdings keinen Kalandereffekt, aber die Riffelung schließt sie ebenfalls für gewisse Zwecke aus. Dagegen ist die gestrichene Platte völlig glatt und besitzt eine nach allen Seiten gleiche Dehnbarkeit. Diese Eigenschaften sind erwünscht bei Gummiplatten zur Anfertigung von Gummifäden<sup>15</sup> und bei dem sog. Cofferdam, dünner Platte, die für Verbandzwecke, besonders von Zahnärzten, und zur Herstellung von Pilotballons gebraucht wird.

Wegen der hohen Arbeitslöhne und Hilfsmaterialkosten hat es keinen Sinn, minderwertige Qualitäten zu benutzen. Für Kaltvulkanisation kommt höchstens ein Zusatz von 1 bis 2% Magnesia usta, etwas Paraffin und eventuell Farbstoff in Betracht, für Warmvulkanisate nimmt man ähnliche Mischungen wie für Taucheranzugstoffe. Die größte Länge, in der man gestrichene Platte herstellt, dürfte etwa 40 m sein. Als Unterlage nimmt man doppelseitig blanklackierte Stoffe, etwa gutes Wachstuch oder mit Nitrolacken behandeltes glattes Gewebe.

Das Streichen muß mit größter Sorgfalt vorgenommen werden. Benutzt werden ganz dünne Streichmesser, die tiefgestellt werden, damit die einzelnen Striche gleichmäßig dünn und porenfrei werden. Da die dicke Stoffunterlage stark isoliert, wird mit geringer Geschwindigkeit gestrichen. Nach jedem Strich wird die Streichrichtung umgekehrt. Die Anzahl der benötigten Striche ist sehr groß; schon für dünnste Platten werden 20 bis 30 Striche gebraucht, bei dicken kommt man auf 60 bis 100. Das Fortschreiten der Arbeit wird mit einem Mikrometer kontrolliert. Ist die richtige Stärke erreicht, so wird die Platte von der Unterlage abgelöst. Dies darf aber erst nach vollständiger Abkühlung erfolgen, damit die Platte etwas härter ist. Man löst den Anfang vorsichtig ab und wickelt Unterlage und Platte auf zwei Stäbe auf. Um ein Zu-

<sup>14</sup> Vgl. dazu den Abschnitt »Patentgummi«

<sup>15</sup> Vgl. dazu den Abschnitt »Gummifaden«



sammenkleben zu verhindern, wird die Platte mit dünner Seifenlösung behandelt. Die weitere Verarbeitung gehört nicht mehr hierher. Näheres siehe in den entsprechenden Abschnitten.

Das Streichen mit Kautschukquellungen hat neuerdings einen scharfen Wettbewerb erhalten in der Benutzung von Latex, besonders in der Form von Latexkonzentraten. Wenn auch bisher noch nicht alle Hoffnungen erfüllt worden sind, die hieran geknüpft wurden, so hat die Verarbeitung von Latex doch schon auf gewissen Gebieten seine Existenzberechtigung erwiesen. Die einfache Handhabung des Latex, der Fortfall der Mischwalzwerke, des Benzins und damit der Feuergefahr, haben ihm besonders dort Eingang verschafft, wo bisher nicht mit Gummi gearbeitet wurde. Vornehmlich sind es Schuhfabriken, die sich des Latex in großem Umfange bedienen, um Kaschierungen, Einlegesohlen und dergleichen herzustellen. Der allgemeinen Einführung des Latex stehen zur Zeit noch der hohe Preis entgegen und die Tatsache, daß Latexerzeugnisse etwas anders aussehen als die Verbraucher es gewöhnt sind. In jüngster Zeit sind aber Fortschritte erzielt worden, die erwarten lassen, daß auch die letzten Schwierigkeiten, die der allgemeinen Einführung noch entgegenstehen, behoben werden können. Dann wird natürlich die Benutzung von Kautschukquellungen sehr zurückgedrängt werden. Über den neuesten Stand der Technik berichtet der Abschnitt über Latexverarbeitung, weshalb hier nur auf diese neue Arbeitsweise hingewiesen werden soll.

### Betriebs- und Fertigwarenkontrolle

Die schwierige Lage der Gummiindustrie und der Streichereien insbesondere erfordern eine genaue Kontrolle des gesamten Betriebes. Bei dem stark handwerklichen Betrieb einer Streicherei sind hierfür etwas andere Gesichtspunkte maßgebend als in völlig mechanisierten Betrieben. Als Beurteilungsgrundlage der Leistungsfähigkeit kann nur die Meterleistung der Streichmaschinen dienen. Jedes Lohnsystem muß hierauf basieren. Es ist einleuchtend, daß die wirklich produktive Zeit der Streichmaschinen nur die ist, während der Stoff über sie läuft und Gummi annimmt. Alle anderen Arbeitsgänge, das Reinigen von Messer und Walze, das Anlegen oder Abnehmen des Stoffes und der Streichmischung sind unproduktive Arbeiten, die nach Möglichkeit einzuschränken sind. Es muß daher die erste Sorge des Betriebsleiters sein, die Stücklängen so groß wie möglich zu nehmen. Das Streichen von Coupons ist ganz bedeutend teurer und muß daher immer eine Ausnahme bleiben. Die Arbeit zwischen zwei Strichen erfordert fast dieselbe Zeit wie der Strich selbst. Natürlich dürfen die Stoffrollen nicht so schwer werden, daß sie unhandlich werden. Doppelseitig gummierte Stoffe wird man daher in Originallängen von 120 m verarbeiten. Einseitige Stoffe kann man aneinanderkleben, um größere Längen zu erhalten. Mantelstoffe, auch für Dublee, kann man in Längen von 160 bis 180 m streichen, schmalere Konfektionsstoffe auch bis zu 240 m. Die Zeit- und Lohnersparnis je Meter ist sehr erheblich.

Alle anderen Maschinen müssen in so großer Zahl vorhanden sein, daß bei vollem Betrieb an den Streichmaschinen kein Leerlauf entsteht. Dies gilt vor allem für die Lösungsknetter. Es ist unzulässig, die Lösungen bei Überlastung kürzere Zeit zu bearbeiten, als sich mit der Forderung völliger Knotenfreiheit verträgt. Von allen Mischungen, besonders natürlich von den ständig gebrauchten, müssen eine genügende Anzahl Kübel vorhanden sein. Es ist unbedingt zu empfehlen, für jede Mischung eine Normalzahl von Lösungskübeln zu bestimmen und diese Zahl ständig vollzählig zu halten. Neubestellungen sollen also nicht nach dem zu erwartenden Bedarf, sondern nach dem tatsächlichen Verbrauch erfolgen. Das bedingt ein reibungsloses Zusammenarbeiten des Streichsaals mit dem Löseraum und Mischsaal. Zum mindesten muß ersterer dem Streichsaalleiter unmittelbar unterstellt sein. Viel gebrauchte Mischungen sind in ausreichender Menge trocken am Lager zu halten, seltener benutzte so rechtzeitig zu bestellen, daß die vorgesehene Anzahl Lösungskübel immer vorrätig ist. Durch genaue Vorschriften über das Lösungsverhältnis und den Lösevorgang können große Ersparnisse an Benzin gemacht werden. Natürlich muß die Benzinanlage mit genauen Meßvorrichtungen ausgestattet sein.

Besondere Aufmerksamkeit erfordern die beim Streichen entstehenden Abfälle. Die vom Messer abgenommenen Lösungsreste sind oft durch Fasern verunreinigt, in den Kübeln bleiben angetrocknete Reste zurück usw. Die Menge dieser Abfälle kann sehr groß werden und darf nicht vernachlässigt werden. Man muß sich von vornherein bei jeder Mischung darüber klar sein, wozu man ihre Abfälle verwerten kann. Niemals dürfen kalt und warm zu vulkanisierende Abfälle zusammengeworfen werden. Saubere, nur angetrocknete Mischungsreste gehen am besten in den Löseraum zurück und werden bei der nächsten Charge der gleichen Mischung verarbeitet. Alle anderen Abfälle werden in großen Kübeln nach einigen passenden Gruppen getrennt gesammelt und bei genügender Menge aufgearbeitet. Kaltvulkanisate kann man oft mit Vorteil zum Unterstrich für billige Konfektions- oder Bettstoffe verwenden, nach Schwarzfärbung mit Ruß auch für schwarze Mantelstoffe. Warmvulkanisate lassen sich auf dunkle Dublierungsgummierungen verarbeiten, z. B. für Mäntel, Wagenverdeckstoffe, Rubberducks u. ä. Es ist das natürlich nur zulässig, wenn die Abfälle nur in bezug auf ihr Aussehen, nicht aber in bezug auf ihre Qualität gemindert sind. Schon aus diesem Grunde ist es ratsam, alle Mischungen auf möglichst ähnlicher Basis aufzubauen, damit durch das Vermischen verschiedener Abfälle keine Störungen in der Fabrikation eintreten können. Auf diesem Gebiet kann der Betriebsleiter erhebliche Ersparnisse machen; dies rechtfertigt die eingehende Erörterung dieses Kapitels.

Bei den der Weiterverarbeitung der gestrichenen Stoffe dienenden Maschinen kann eine Überlastung so leicht nicht eintreten. Puder- und Vulkanisiermaschinen, Dublier- und Prägekalander besitzen eine so große Leistungsfähigkeit, daß selbst in großen Streichereien ein Stück jeder Sorte meist ausreicht. Hier liegt die größere Gefahr in einer zu starken Belegschaft, die zeitweise ohne Arbeit ist. Es ist daher zu



empfehlen, Puderer, Drucker, Vulkaniseure usw. in eine Gruppe zusammenzufassen und nach Erfordernis innerhalb dieser Abteilung an die Bedarfsstellen zu dirigieren. Daß auf größtmögliche Verringerung der Transportwege und auf weitestgehende Mechanisierung des Transportes zu achten ist, ist wohl selbstverständlich.

Ebenso mannigfaltig wie die Verwendungszwecke sind die Prüfmethoden für die Fertigfabrikate. Viel benutzt werden die beschleunigten Alterungsprüfungen nach Geer-Evans und Bierer-Davis. Beide sind völlig ungenügend und reichen zur Not für Bettstoffe aus. Es ist unbedingt notwendig, die Prüfung so eng wie möglich den Bedingungen anzupassen, die der Stoff im Gebrauch aushalten muß. Stoffe für Regenmäntel, Verdeckstoffe, Taucheranzüge und ähnl. sind vor allem auf Wasserdichtigkeit zu prüfen. Dies geschieht mit der in

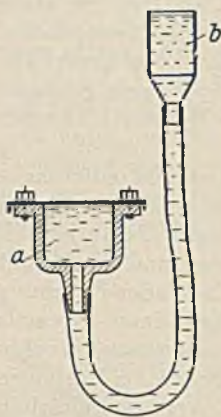


Abb. 548. Prüfung gummierter Stoffe auf Wasserdichtigkeit  
a) Druckgefäß  
b) Niveaugefäß

Abb. 548 skizzierten Vorrichtung. Das Gefäß A wird vollständig mit Wasser gefüllt, der Stoff fest aufgeschraubt und durch Heben des Niveaugefäßes der gewünschte Wasserdruck hergestellt, dessen Größe an einem Maßstab abgelesen wird. Für Regenmäntel genügen im allgemeinen 4 bis 500 mm Wassersäule, für Verdeckstoffe 1 m. Taucherstoffe müssen allerdings noch bei 4 bis 5 Atm. dicht sein; die Prüfapparatur ist entsprechend stärker ausgeführt. Stoffe mit Außengummierung, Rubberducks, Faltbootstoffe sind auf Knick- und Abschürfwiderstand zu prüfen. Druck- und Kratzentücher auf Ölfestigkeit. Hospitalstoffe und Verbandtist sind durch mehrmaliges Kochen mit dazwischenliegender Ruhepause auf Sterilisierbarkeit zu prüfen. Die schärfste Prüfung erfordern Ballon- und Faltbootstoffe in bezug auf ihre Lichtalterung. Hier ist größte Vorsicht am Platze. Die versuchsweise hierfür benutzte Quarzlampe ist unbrauchbar, da zwischen den mit ihr erhaltenen Resultaten und der Gebrauchsfähigkeit nicht die mindeste Parallelität besteht. Vollständig zuverlässige Ergebnisse erhält man nur durch jahrelange Beobachtung. Da dies im allgemeinen nicht durchführbar ist, muß man sich der Bierer-Bombe bedienen. Um aber einigermaßen verwertbare Anhaltspunkte zu gewinnen, ist es notwendig, vor dem Bombentest die Proben einige Zeit den Einwirkungen von Sonne und Wind auszusetzen. Bei guter Witterung im Sommer genügen 8 bis 10 Tage dazu; im Winter wird man in gemäßigten Klimaten kaum Erfolge haben. Es ist dann zu empfehlen, in südlicheren Gegenden einen Beobachtungsstand einzurichten, etwa bei einer Fabrikniederlassung. Hier wird natürlich nur das Vorbelichten der Proben ausgeführt.

# GUMMITREIBRIEMEN UND TRANSPORTBÄNDER

VON KURT HESSE, BERLIN

Trotzdem die Verwendung von Treibriemen mit der fortschreitenden Mechanisierung aus verschiedenen Gründen nicht Schritt gehalten hat, nimmt die Erzeugung und der Verbrauch von Gummitreibriemen auf Kosten anderer Riemenarten, hauptsächlich des Lederriemens, ständig zu. Ein Gummiriemen kostet heute die Hälfte eines Lederriemens. Er ist gegen Wärme und Feuchtigkeit, wenn er ringsum mit Decke versehen ist auch gegen den Angriff von Säuren und Alkalien weit unempfindlicher als ein Leder- oder Haariemen. Er besitzt ferner eine genau bestimmbare, gleichmäßige Festigkeit und damit auch Übertragungsfähigkeit, im Gegensatz zum Lederriemen besteht er aus einem Stück. Infolge seiner Geschmeidigkeit und seiner gummierten Oberfläche hat der Gummiriemen eine besonders hohe Adhäsion, also geringen Schlupf; endlich benötigt er außer einer gelegentlichen Reinigung und einem Sauberhalten der Riemenscheiben keinerlei Pflege.

Die moderne Fördertechnik bedient sich im weitesten Umfang des Gummitransportbandes; unterstützt durch die Preisgestaltung auf dem Rohkautschukmarkt ist der Gurtförderer heute in den meisten Fällen wirtschaftlicher als die übrigen Fördermittel. Die Einführung der Abraumförderbrücken im Braunkohlenbergbau gab in neuester Zeit der Herstellung breiter und langer Gummitransportbänder einen ungeahnten Aufschwung, so daß dieser Zweig der Gummifabrikation an Bedeutung gewonnen hat.

Das Zugelement eines Gummitreibriemens oder Transportbandes ist in allen Fällen Baumwollgewebe. Für die Beurteilung eines Treibriemen- oder Transportbandgewebes ist die Feststellung der Reißfestigkeit von ausschlaggebender Bedeutung. Da diese jedoch, ebenso wie die der übrigen Textilien, keine absolute Zahl darstellt, sondern in hohem Grade abhängig ist vom Feuchtigkeitsgehalt, werden nur bei einheitlichen und gleichbleibenden Versuchsbedingungen übereinstimmende Untersuchungsergebnisse erzielt.

Als Normalzustand gilt allgemein 65% relative Feuchtigkeit bei etwa 20° C. Das bedeutet also, daß die Reißprobe in allen Teilen die Feuchtigkeit angenommen haben muß, die diesem Normalzustand entspricht. Demzufolge ist ein längeres Verweilen in einem auf Normalzustand gebrachten Raum erforderlich. Die Geschwindigkeit der Feuchtigkeitsaufnahme ist abhängig vom Fettgehalt der Faser, sei es vom natürlichen oder dem durch den Spinnprozeß zugeführten, ferner von einer etwaigen Anwesenheit von Appretur. Für den größten Teil der gebräuchlichen Textilien genügt ein ununterbrochener Aufenthalt von 24 Stunden in der vorgeschriebenen Umgebung. Bei scharfer Untersuchung zeigt sich, daß für Gewebe mittlerer Stärke, z. B. Doppeldrell oder Segeltuch, nach zwei Tagen die Aufnahme von Feuchtigkeit noch nicht abgeschlossen ist, daß vielmehr auch nach dieser Zeit noch geringe Mengen aufgenommen werden, die jedoch das Reißergebnis nicht auffällig beein-



flussen. Segeltuch, wenn es ausgetrocknet und überdies noch imprägniert ist, erfordert eine dreitägige Behandlung. Letzteres gilt auch für besonders dicke Textilien, zu welchen auch Riementuch gehört. Wichtig ist ferner, daß die Proben in keiner Weise etwa zu anderen Zwecken der Untersuchung vorbehandelt wurden. Eine stärkere Erwärmung des Gewebes ist beispielsweise sehr nachteilig, die Fasern erleiden Strukturveränderungen, so daß auch eine nachträgliche Befeuchtung nicht imstande ist, den Normalzustand wieder herbeizuführen.

Wohl in den wenigsten Fabriken und Laboratorien sind Räume vorhanden, die dauernd auf 20° C bei 65% relativer Feuchtigkeit gehalten werden können. Deshalb geschieht die Vorbereitung der Reißproben in eigens dafür bestimmten, geschlossenen Behältnissen. Letztere sind aber nicht immer im Untersuchungsraum vorhanden, so daß ein Transport der Proben aus dem Befeuchtungsraum erforderlich ist. Vielfach werden die aus dem Befeuchtungskasten entnommenen Proben in der Hand zur Reißmaschine gebracht. Bei der Berührung mit dem Körper, der stets Wasser in Dampfform ausstößt, erhalten die damit in unmittelbare Berührung kommenden hygroskopischen Gewebeteile eine erhöhte Wasserzufuhr. Ferner werden die Proben aus dem Befeuchtungsraum auf dem Wege zur Reißmaschine, sofern sie sich nicht in einem geschlossenen Behälter befinden, durch Räume mit anderen Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen getragen. Dadurch wird die Einheitlichkeit der Durchfeuchtung gestört und das Reißergebnis unsicher und möglicherweise unrichtig, denn: ist die Oberfläche des Gewebes mehr oder minder durchfeuchtet als das Innere, so werden die trockenen Teile weniger Widerstand leisten als die besser durchfeuchteten.

Diese Betrachtungen führen zu der Überlegung, daß nur dann eine einwandfreie Feststellung der Reißfestigkeit von Textilien möglich ist, wenn sich entweder die Proben und die Prüfmaschine in einem dauernd auf Normalzustand gehaltenen Raum befinden, oder ein auf Normalzustand gehaltenes Behältnis neben der Reißmaschine Aufstellung finden kann, dem die Versuchsstreifen einzeln entnommen werden ohne die Feuchtigkeitsverhältnisse im Innern desselben zu stören. Für Untersuchungen, bei denen ein besonderer Befeuchtungsraum nicht zur Verfügung steht, hat sich der patentierte Hygrostat von Dr. Schreiber, Charlottenburg 4, als praktisch und zuverlässig erwiesen (Abb. 549). Dieser Hygrostat besteht aus einem tragbaren Gehäuse aus Leichtmetall. Am Boden befindet sich eine Schublade, die in zwei gegeneinander abgeschlossene Behältnisse eingeteilt ist, die durch Drehen des Ladenknopfes von außen beliebig geöffnet und geschlossen werden können. Das eine dieser Behältnisse enthält einen befeuchteten Filz, das andere dient eventuell zur Aufnahme von wasseranziehenden Chemikalien für den Fall, daß die Luft im Hygrostaten einen höheren Feuchtigkeitsgehalt als 65% aufweisen sollte. Ein im Inneren des Apparates hinter einer Glasscheibe angebrachtes Polymer gestattet die Überwachung von Temperatur und Feuchtigkeit. Der Apparat ist oben mit einer Lochplatte verdeckt, in der sich mehrere Reihen von Schlitzfenstern befinden, deren jeder zur Aufnahme eines Versuchsstreifens geeignet ist.

Von den genau auf 60 mm geschnittenen Proben werden beiderseits 5 mm der Längsfäden entfernt, so daß genau 50 mm Stoffbreite verbleiben. Mit einer Klammer ergreift man das eine Ende des Stoffstreifens und senkt denselben in einen Schlitz, der durch die Klammer oben verschlossen wird. Nach vorgeschriebener Befeuchtungszeit wird der Hygrostat neben die Reißmaschine gestellt, der Probestreifen mit der Klammer aus dem Apparat entnommen und sofort zerrissen.

Bei schweren und dicken Geweben, bei denen die Einarbeitung der Garne besonders groß ist, wird die Bestimmung der Reißfestigkeit namentlich in der Kette dadurch wesentlich erschwert, daß stets mehrere Fäden der Längsrichtung vor Beendigung der Untersuchung zu beiden Seiten des Versuchstreifens herauspringen und sich so der Zerreißung entziehen. Dadurch wird naturgemäß das Ergebnis zu niedrig. Alle Bemühungen, diesem Übelstand abzuhelpen, blieben erfolglos. In der Praxis des Staatlichen Materialprüfungsamtes in Berlin-Dahlem wird deshalb bei der Feststellung der Reißfestigkeit an dieser Art von Geweben zur Zeit für die ausgesprungenen Fäden eine Zahl zugeordnet, die der Hälfte des Wertes entspricht, den die gleiche Anzahl von Fäden im Gewebe beim Reißversuch ergeben hat.

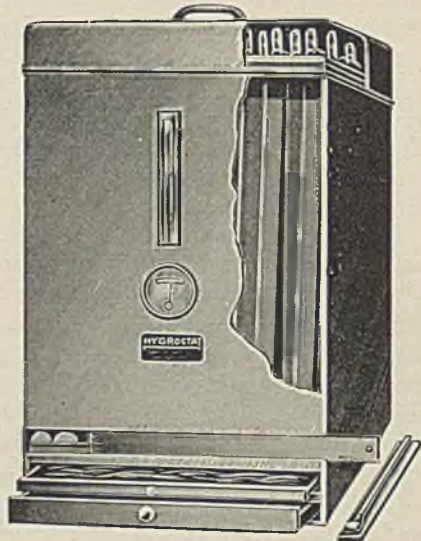


Abb. 549. Hygrostat nach Dr. Schreiber, Berlin-Charlottenburg 4  
Type T für Textilien

Zur Herstellung von Transportbändern und Treibriemen sind in Deutschland Gewebe von 45, 60, 75 und 100 kg Festigkeit pro cm in der Kette bei einem Stoffgewicht von 1000 g pro qm eingeführt. 45- und 60-kg-Stoff entspricht im allgemeinen ostindischer, 75-kg-Stoff amerikanischer und 100-kg-Stoff ägyptischer Baumwolle.

Die Festigkeit im Schuß beträgt beim 45- und 60-kg-Stoff etwa 50%, beim 75- und 100-kg-Stoff etwa 30 bis 40% der Festigkeit in der Kette. Gewebe mit ungenglicher Festigkeit im Schuß kann zu schweren Mängelrügen an daraus hergestellten Treibriemen und Transportbändern führen. Bei Riemen ist die Festigkeit im Schuß maßgeblich für die Haltbarkeit der Verbinder, bei Transportbändern wichtig zur Erzielung einer hinreichenden Schlitzfestigkeit.

Außer obigen normalen Einstellungen und Stoffgewichten werden noch mannigfache Sonderausführungen, dem speziellen Zweck angepaßt, verwendet. Für sehr rasch und über kleine Scheiben laufende Treibriemen, z. B. Ventilatorriemen, setzt man die Stoffschwere zweckmäßig auf etwa 600 bis 750 g/m<sup>2</sup> zurück, gummiert reichlich und erreicht da-



durch größere Geschmeidigkeit und erhöhte Sicherheit gegen Lagentrennung. Besonders geschmeidige Förderbänder (Lauftücher) stellt man aus loserem, in Kette und Schuß gleichem, ähnlich dem in der Schlauchfabrikation verwendeten Gewebe her. Grundsätzlich zu beachten ist bei der Herstellung des Treibriemen- und Transportbandgewebes, daß die Kettenfäden mit gleicher Spannung verwebt werden, damit sie im fertigen Treibriemen alle gleichmäßig tragen. Die Einstellung des Gewebes darf nicht so dicht gewählt werden, daß eine hinreichende Durchdringung mit Gummi auf dem Kalandern unmöglich wird.

Der aus der Weberei kommende Stoff wird auf Feuchtigkeitsgehalt geprüft, er darf höchstens  $8\frac{1}{2}\%$  Feuchtigkeit, bezogen auf Trockengewicht, enthalten. Ferner wird das Gewebe, meist gelegentlich der Trocknung auf der Trockentrommel, auf Gleichmäßigkeit und Webefehler untersucht. Insbesondere Treibriemengewebe darf keinerlei Knoten usw. aufweisen.

Durch die Trocknung verliert das Gewebe den weitaus größten Teil seiner Feuchtigkeit und wird gleichzeitig erwärmt. Beides ist für ein einwandfreies Gummieren auf dem Kalandern wesentlich.

Friktionsmischungen für Treibriemen und Transportbänder unterscheiden sich von den in der Reifenfabrikation verwendeten Cordfriktionen durch einen mäßigen Füllstoffgehalt. Eine schwimmende Gummierung ist für Treibriemen deshalb nicht recht geeignet, weil sie der Abnutzung besonders bei raschlaufenden Riemen schlecht widersteht.

Die Zusätze dürfen die Ermüdungsfestigkeit der Gummierung nicht oder nur günstig beeinflussen. Von den billigen Stoffen wäre dies Kreide und aufbereitetes Kaolin oder Catalpo, von den wirksameren Zinkweiß und inaktiver Ruß.

#### Grundmischung:

50,000	Sheets,
50,000	dünne braune Crepe,
5,000	Mineral Rubber,
1,500	Stearin,
1,000	Ozokerit,
1,000	Alterungs- und Ermüdungsschutz,
10,000	Zinkweiß,
3,000	Kienteer,

hierzu kämen etwa 15 Teile Kaolin oder Catalpo, 25 Teile Kreide, 25 Teile inaktiver Ruß oder noch 25 Teile Zinkweiß. Schwefelzusatz, sowie Art und Menge des Beschleunigers sind so zu wählen, daß die Mischung gegen Übervulkanisation möglichst wenig empfindlich ist, da sich Doppelheizungen bei der Herstellung von Treibriemen und Transportbändern nicht immer vermeiden lassen. Für Treibriemengummierungen höchster Güte ersetzt man 0,5% des Schwefels durch 1% Selen. Durch Selenzusatz wird bekanntlich die Biege- und Ermüdungsfestigkeit einer Gewebegummierung im allgemeinen mindestens verdoppelt.

Größte Beachtung verdienen die in Amerika aufkommenden Bestrebungen, der Mischung nur so viel Schwefel zuzusetzen, wie zur Herstellung der stabilsten Art von vulkanisiertem Kautschuk erforderlich ist und ihn durch Ultra-Beschleunigergemisch praktisch restlos zu binden.

Grundmischung:

	100,000 Kautschuk,
	1,000 Stearin,
	1,000 Ozokerit,
	1,000 Alterungsschutz,
	0,250 Thiuram,
	0,500 Schwefel,
	1,000 Mercaptobenzothiazol,
	5,000 Zinkweiß,
0,500—1,000	Selen,
	3,000 Kienteer.

Füllstoffe wie oben.

Beim Kalandrieren wird das Gewebe abgebremst, dadurch wird dasselbe gestreckt und die Maschen auseinandergezogen, so daß sie sich mit Gummimasse füllen können. Die durch das Kalandrieren bewirkte Streckung des Gewebes beträgt etwa 3%. Es ist sehr wichtig, daß die Gummimasse in das Gewebe bzw. durch das Gewebe gepreßt wird, denn nur dann läßt sich daraus ein Treibriemen herstellen, der wohl im Gebrauch elastisch ist und bleibt, sich jedoch nicht übermäßig dehnt. Liegt die Gummischicht nur auf der Oberfläche, so besitzt das Gewebe die Möglichkeit, sich in weit höherem Maße zu dehnen, wie wenn die Maschen ausgefüllt sind. Deshalb ist auch ein Gummitreibriemen aus einem mit Benzinlösung gestrichenen Gewebe mit einem solchen aus kalandriertem nicht ohne weiteres vergleichbar. Die Lebensdauer eines aus mangelhaft friktioniertem Gewebe hergestellten Treibriemens ist unzureichend, übrigens ist er auch gegen äußere Einflüsse nicht genügend geschützt.

Die Geschwindigkeit, mit der das Gewebe den Kalandrierer durchlaufen kann, ist abhängig von der Schwere und Einstellung des Gewebes sowie von der Friktionsmasse. Man baut heute Friktionsaggregate, bestehend aus Trockentrommel und zwei hintereinander angeordneten Kalandrierern, die mit Reguliermotor eingerichtet, Stoffgeschwindigkeiten bis zu 40 m in der Minute erreichen. Für Treibriemen und Transportbandgewebe dürfte eine solche von 10 m pro Minute eine gute Durchschnittsleistung bedeuten (Abb. 550).<sup>1</sup>

Zur Herstellung schmaler und schwacher Gummitreibriemen (etwa bis 100 mm Breite und 3 Lagen) begnügt man sich meistens mit doppel-seitigem Friktionieren, wobei das Gewebe etwa 60% seines Gewichtes an Gummi aufgenommen hat. Stärkere und breitere Riemen erfordern eine Trennung der einzelnen Lagen durch eine Gummischicht; das Gewebe wird zu diesem Zweck in bekannter Weise einseitig mit einer

<sup>1</sup> Siehe auch Abschnitt »Gummischuhe«, Aggregat Berstorff.



dünnen Gummiplatte versehen (skimmen). Ermüdungsfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Lagentrennung sind innerhalb gewisser Grenzen eine direkte Funktion der Stärke der Gummierung. Die obere Grenze dürfte bei etwa einem Gummigewicht in Höhe des Stoffgewichtes liegen.

Das Falten der Gummitreibriemen aus der Stoffbahn kann auf zweierlei Weise geschehen. Schmalere Riemen stellt man durch fortlaufendes

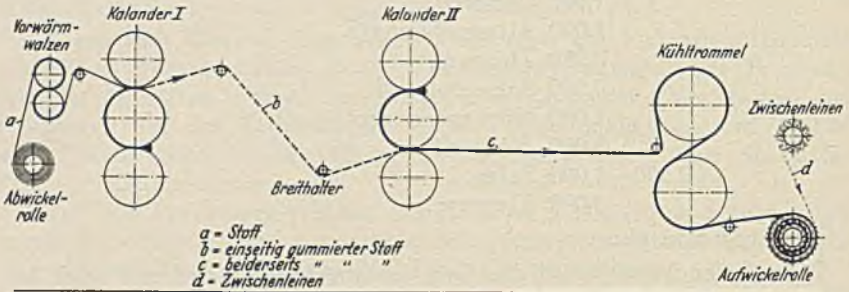


Abb. 550. Schematische Darstellung eines Riementuch-Frictionsaggregates

Umschlagen des Riementuches her, der Schluß liegt also beim Riemen an der Seite, der Riemen besteht in seiner ganzen Breite aus einem Stück (Abb. 551a). Bei mehrlagigen und breiteren Riemen reißt dann meistens

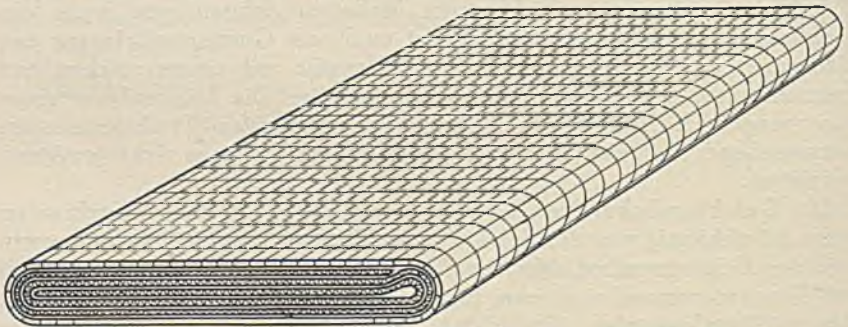


Abb. 551a. Fortlaufende Umschläge mit Stramindecke

eine oder mehrere Stoffseelen, die dann ein- oder mehrmalig eingeschlagen werden, und zwar so, daß die Stoßstellen versetzt angeordnet sind. Die letzte Umlage hat Stoffschluß in der Mitte, mit einem Gummistreifen ausgefüllt (Abb. 551c bis d). Letztere Art der Anfertigung eignet sich schlecht zur Herstellung von Treibriemen, die auf beiden Seiten arbeiten, z. B. Spannrollenriemen, da sich der Gummistreifen mit der Zeit ausläuft; dagegen haben Riemen in dieser Ausführung bei balligen Scheiben und bei geschränkten Antrieben den Vorzug größerer Geschmeidigkeit.

Gummitransportbänder werden nach Breite und Lagenzahl analog gefaltet und dann von Hand oder auf dem Kalander mit einer Gummidecke versehen. Bei hochbeanspruchten Förderbändern mit starker Gummidecke legt man auf die Förderseite zwischen Gewebekern und Gummidecke eine Lage eines weitmaschigen Gewebes (Abb. 551a). Dieses erhöht, in ähnlicher Weise wie der Breakerstreifen im Autoreifen, infolge seiner Porösität wesentlich die Trennfestigkeit und gibt größere Sicherheit gegen das Loslösen des Deckgummis bei Verletzung desselben.



Abb. 551b. Eine Stoffseele und fortlaufende Umschläge



Abb. 551c. Eine Stoffseele und zwei Umschläge



Abb. 551d. Drei Umschläge ohne Stoffseele

Die Zusammenstellung der Gummimischung für die Transportbanddecke bereitet nicht weniger Schwierigkeiten als die des Laufgummis für Autoreifen. Die Ansprüche, die an den Gummibelag eines großen Förderbandes z. B. für eine Förderbrücke gestellt werden, sind außerordentlich hoch. Außer einer möglichst großen Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung muß derselbe vor allem eine hohe Kerbzähigkeit und Schnittfestigkeit besitzen, damit unausbleibliche Verletzungen durch Steine, Felsboden, Fremdkörper usw. nicht größeren Umfang annehmen.

In den Großbergbaubetrieben sind während der Betriebspausen ständig Reparaturkolonnen unterwegs, um entstandene Schäden an der Gummidecke mit elektrischen Vulkanisiergeräten auszubessern. Im Laufe der Jahre wird manche Stelle am Band zwei- auch dreimal nachvulkanisiert, wobei Zeit und Temperatur nicht immer genau eingehalten werden können. Auch werden Förderbänder, deren Gummidecke abgenutzt ist, der Gummifabrik zwecks Neugummierung eingeschickt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, der Gummidecke ganz besonders gute Alterung und Unempfindlichkeit gegen Überheizung zu verleihen. Die als Transportbanddecke oft empfohlene Reifenmischung 100 Kautschuk, 40 Gasruß, wird besonders bei großen Bändern nicht immer befriedigen. Zweckmäßig ersetzt man einen Teil des aktiven Gasrußes durch guten inaktiven Ruß (P 33) und hält den Schwefelgehalt möglichst niedrig. An Alterungs- und Ermüdungsschutzmitteln darf naturgemäß nicht gespart werden. Erfolg versprechen Mischungen nach dem bei Er-



örterung der Friktionsmischung gegebenen Schema mit einem Minimum an Schwefel. Letztgenannte Art von Mischungen dürfte auch zur Herstellung von Transportbändern zur Förderung von heißem Gut brauchbar sein, falls man es nicht vorzieht, auf die Verwendung von Schwefel ganz zu verzichten und nur mit Thiuram zu vulkanisieren.

**Mustermischung:**

	Transportbanddecke für höchste Ansprüche:
	50,000 smoked Sheets,
	50,000 helle Crepe,
	10,000 Zinkweiß aktiv,
	2,000 Stearin,
	1,000 Ozokerit,
	1,500 Alterungs- und Ermüdungsschutz,
0,500—1,000	Schwefel,
	1,000 Merkaptó,
0,250—0,500	Thiuram,
	30,000 Gasruß aktiv,
	10,000 Gasruß inaktiv,
	1,000 Selen,
	2,000 Erweichungsmittel (Kautschol oder Kienteer).

Je nach der beabsichtigten Vulkanisationstemperatur und Vulkanisationszeit kann der Schwefel-, Selen- und Thiuramzusatz in engen Grenzen geändert werden.

Das Vulkanisieren der Gummitreibriemen und Transportbänder geschieht abschnittsweise in dampfgeheizten hydraulischen Pressen, die einen Flächendruck von etwa 15 bis 25 kg pro qcm besitzen und mit einer Streckvorrichtung versehen sind (Abb. 552 bis 554). Teilweise sind die Pressen auch mit einem Einfahrtisch ausgerüstet, der das Einbauen besonders bei Transportbändern sehr erleichtert. An den Stirnseiten der Presse sind Kühlvorrichtungen angebracht, die einerseits das Anvulkanisieren des heraushängenden unvulkanisierten Bandes oder Riemens verhindern und andererseits die Doppelvulkanisation abschwächen, da es sich bekanntlich nicht vermeiden läßt, daß ein kurzer Band- oder Riemenabschnitt zweimal geheizt wird. Gummitreibriemen ohne Decke werden ohne seitliche Begrenzung unter die Presse gelegt, zwecks Ausnutzung der Heizfläche in mehreren Strängen. In Länge der Presse begelegte Stahlschienen verhindern als Begrenzung ein übermäßiges Zusammendrücken. Das Strecken der Treibriemen und Transportbänder geschieht bei geöffneter Presse, und zwar bei Geweben aus ostindischer und amerikanischer Baumwolle um 3 bis 7%, bei Maco um 7 bis 10%.

Die Vulkanisationszeit beträgt je nach Lagenzahl und Stärke im allgemeinen zwischen 15 und 50 Minuten bei 2 bis 2,5 Atm. Stärkere Treibriemen und Transportbänder heizt man im Interesse einer gleichmäßigen Durchwärmung zweckmäßig mit Steigung und Absteigen, d. h. man läßt den Dampfdruck innerhalb etwa 10 bis 15 Minuten ansteigen und öffnet die Presse ebenfalls erst 10 bis 15 Minuten nach beendigter Vulkanisation.

Bei zwei- bis vierlagigen Riemen ohne Decke ist ein Abstellen des Dampfes beim Vulkanisieren nicht erforderlich; die Presse wird unter Dampfdruck etwas geöffnet, der oder die Riemen weitergerückt, gestreckt und sofort wieder geschlossen.

Transportbänder mit Decke werden genau auf die vorgeschriebene Breite eingebaut. Zu diesem Zweck ist die untere der Heizplatten bzw. der Einfahrtisch mit seitlichen Leisten oder Anschlägen versehen. Durch Belegen von Stahlschienen geeigneter Breite und Stärke wird das Band bei geöffneter Presse gestreckt und wie beschrieben vulkanisiert. Beim fortlaufenden Vulkanisieren von Transportbändern ergibt sich die Schwierigkeit, daß der Gummibelag auf der Unterseite des Bandes beim Strecken längs der heißen Preßplatte oder des heißen Einfahrtisches abreißt, deshalb werden moderne Vulkanisierpressen nach jeder Heizung so weit gekühlt, daß ein allzu großes Erweichen der aufliegenden Gummidecke nicht mehr zu befürchten ist. Beim Vorhandensein eines Einfahrtisches kommt man ev. bei geeigneter Deckenmischung auch ohne Kühlung aus, da der Tisch durch das Herausfahren aus der Presse schneller abkühlt als die Heizplatte.

Die fehlerfreie Herstellung eines Transportbandes erfordert ein erhebliches Maß an Sorgfalt und Erfahrung. An fertigen Bändern zu beobachtende Fehler und Mängel sind:

1. Das Band läuft nicht gerade: Nachlässiges Einbauen und Strecken.

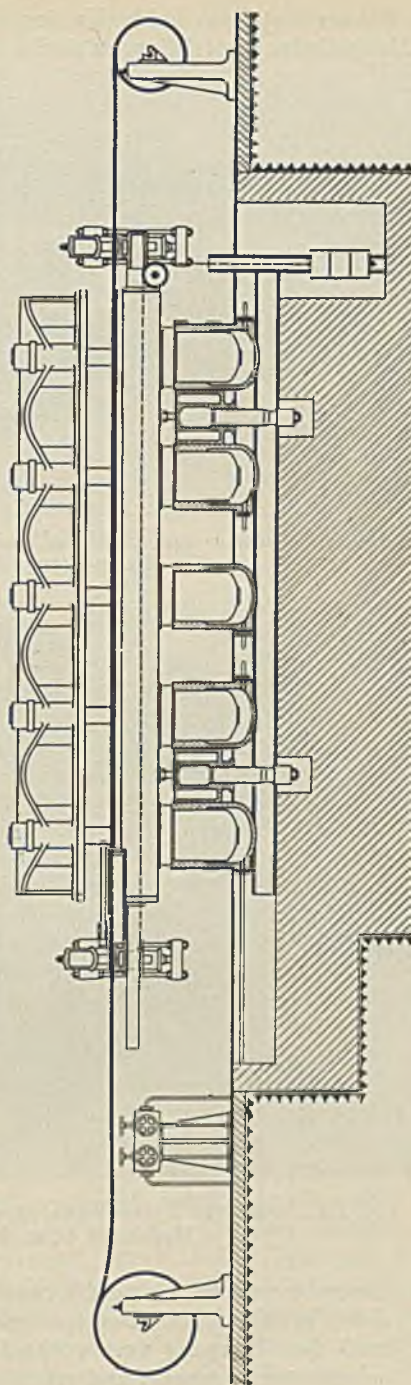


Abb. 552. Schema einer hydraulischen Riemen-Vulkanisierpresse (G. Siempelkamp & Co., Krefeld)



2. Schwindstellen, hohle Kanten, herausgepreßte Einlagen, Blasen: Mangelhafte Konfektion, zu starke oder zu schwache Einbauschielen.

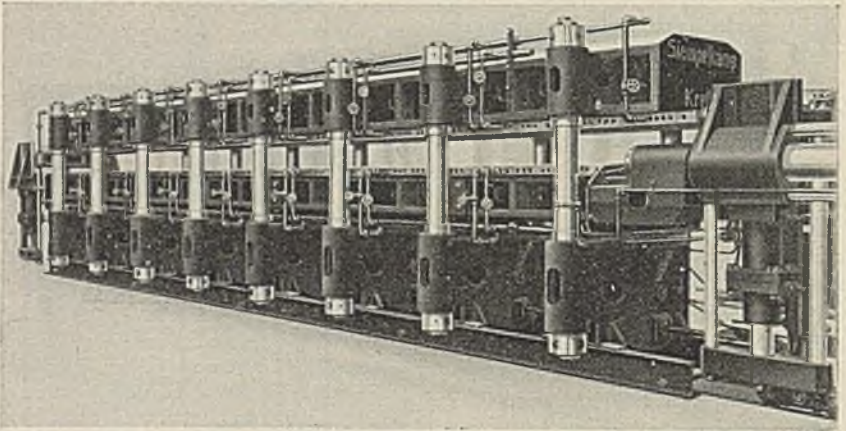


Abb. 553. Riemen- und Band-Vulkanisierpresse in Säulenkonstruktion  
(G. Siempelkamp & Co., Krefeld)

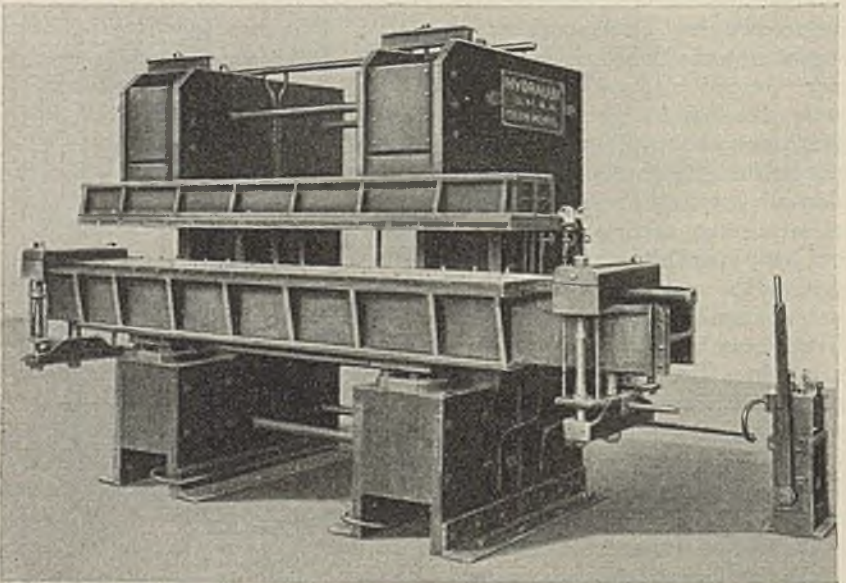


Abb. 554. Einhüttige hydraulische Riemenpresse in Rahmenkonstruktion  
(Hydraulik G. m. b. H., Duisburg)

3. Besonders schlimm sind die regelmäßig wiederkehrenden Fehler an den Preßüberlagen: Bei jedesmaligem Weiterücken des Bandes muß der Übergang vom vulkanisierten zum unvulkanisierten Abschnitt genau geprüft und erforderlichenfalls nachgebessert werden.

4. Das Band ist »wellig«, die Einlagen liegen nicht straff und eben, sondern sind unregelmäßig in Länge und Breite geschrumpft: Das Band ist nicht oder nur unvollkommen gestreckt, das beim Kalandrieren gestreckte Gewebe zieht sich, sobald es die unter dem Einfluß der Vulkanisationswärme erweichende Gummierung erlaubt, zusammen.

Gummitreibriemen sollten stets mit einer Vorspannung von 1 bis 2% aufgelegt werden, am besten unter Zuhilfenahme eines Riemenspanners. Bei Antrieben, bei denen Wert auf stoßfreien Lauf gelegt werden muß,

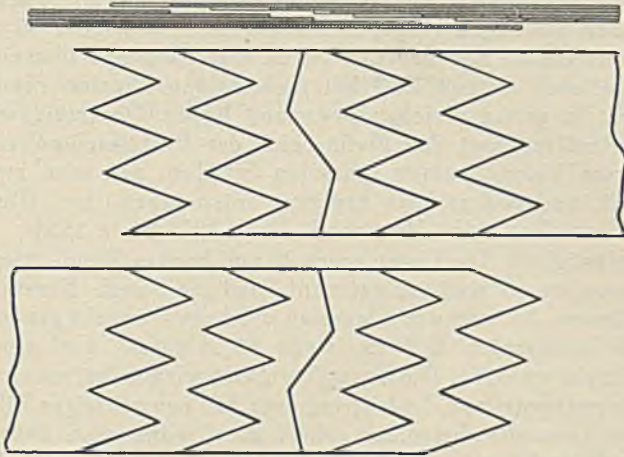


Abb. 555. Ausführungsbeispiel für die Endlosverbindung eines fünflagigen Gummitreibriemens

sowie bei Spannrollenantrieben werden die Gummiriemen endlos vulkanisiert. Für diese Art von Antrieben hat sich der Lederriemen bis heute erfolgreich behaupten können, denn das Abschrägen und Zusammenleimen eines Lederriemens ist eine einfache und rasch auszuführende Arbeit, erfordert wenig Übung und an Hilfsmitteln nur einen Leimtopf und eine Schraubzwinde. Anders beim Gummiriemen: Das Endlosvulkanisieren eines breiten und mehrlagigen Gummitreibriemens erfordert meist einen ganzen Arbeitstag und, wenn dies nicht in der Gummifabrik, sondern an der Verwendungsstelle geschehen muß, die Mitnahme von schweren Dampf- oder elektrischen Heizplatten. Die Haltbarkeit einer derartigen Verbindung wird, trotz größter Sorgfalt bei ihrer Herstellung, besonders bei stoßweisen und raschlaufenden Antrieben nicht immer zufriedenstellend sein.

Die Ausführung der Verbindung geschieht durch Abstufen der einzelnen Lagen, etwa nach Abb. 555. Das Gewebe der Verbindungsstelle wird von der anhaftenden Gummierung befreit, beide Teile mit einer geeigneten Gummilösung mehrfach eingestrichen und nach dem Trocknen genau passend aufeinandergelegt, wobei alle entstehenden Fugen mit Gummi ausgefüllt werden. Zum Schluß wird die Verbindungsstelle in regelmäßigen Abständen längs durchgenäht und vulkanisiert. Beim



Montagevulkanisiergerät werden die Heizplatten durch Spanneisen und Bolzen aufeinandergepreßt. In ähnlicher Weise werden auch Transportbänder endlos verbunden.

### Die Qualitätsprüfung fertiger Treibriemen und Transportbänder

1. Reißfestigkeit: Die Feststellung derselben erfolgt soweit zugänglich in vorliegender Originalbreite und ergibt normalerweise eine Dehnung von 20 bis 25% und eine Festigkeit, die bis 25% geringer ist als die aus der Festigkeit des rohen Gewebes errechneten. Die Reißfestigkeit der einzelnen Stofflagen hingegen wird, wenn man wieder 50 mm breite Streifen verwendet, mit der des rohen Gewebes gut übereinstimmen. Dies erklärt sich daraus, daß bei mehrlagigen Riemen die einzelnen Lagen nicht in genau gleicher Spannung liegen. Übersteigt die zu erwartende Reißfestigkeit den Meßbereich der Prüfmaschine, so verwendet man zum Versuch einen schmalen Streifen, den man zweckmäßig ausschultert, und rechnet das Ergebnis entsprechend um. (Über amerikanische Normalien siehe Vanderbilt Book 1932 Seite 155.)

2. Trennfestigkeit: Die Lagen eines 20 mm breiten Band- oder Riemenstreifens werden so weit aufgetrennt, daß sie durch Klemmen erfaßt werden können. An eine der Klemmen wird ein Gewicht gehängt. Innerhalb einer bestimmten Zeit (meistens 10 Minuten) darf eine weitere Trennung nicht erfolgen. Die Trennfestigkeit wird in kg/cm ausgedrückt.

3. Ermüdungsfestigkeit, Lagentrennung: Ein zuverlässiges Bild von der Güte eines Gummitreibriemens erhält man, wenn man denselben mit hoher Geschwindigkeit und starker Spannung über kleine Scheiben bis zur Lagentrennung laufen läßt. Der zu diesem Zweck von der U. S. Rubber Co. entwickelte und von Scott gebaute Apparat gestattet die gleichzeitige Prüfung von fünf Riemenausschnitten von 1" Breite und 8 $\frac{1}{4}$ " Länge, die bei einer Belastung von 100 lb über Scheiben von 1 $\frac{1}{4}$ " Durchmesser und 170 Riemenumläufen pro Minute solange laufen müssen, bis sich eine Riemenlage über die ganze Breite gelöst hat. Das Prüfergebnis wird in hohem Maße beeinflußt von der Anzahl der Einlagen sowie Stärke der Gummierung derselben.

4. Die umfassendste Untersuchung eines Gummitreibriemens erfolgt auf dem elektrischen Prüfstand. Er besteht aus einem in weiten Grenzen regelbaren Motor und einem auf Schienen beweglichen Generator. Zwischen beide wird der zu prüfende Riemen aufgelegt. Die Spannung des Riemens, die beliebig verändert werden kann, wird an einem Dynamometer bzw. einer Neigungswaage abgelesen. Durch Veränderung von Geschwindigkeit, Riemen Spannung und Scheibendurchmesser ist man in der Lage, den Riemen unter den verschiedensten Bedingungen auf Schlupf, Übertragungsfähigkeit, Reibungskoeffizient, Dehnung sowie auf Haltbarkeit der Verbinder im Riemen zu prüfen. Bei hoher Geschwindigkeit, kleinen Scheiben und starker Riemen Spannung kann man auch die Lebensdauer eines Gummitreibriemens, ähnlich wie unter 3. beschrieben, feststellen. Die Kostspieligkeit und die mehrere hundert Stunden betragende Zeitdauer einer derartigen Prüfung machen die-

selbe wohl für die Entwicklungsarbeit der Gummifabrik, nicht jedoch für den Verbraucher geeignet. (Nähere Angaben über Riemenprüfung siehe Vanderbilt Book 1932 Seite 51 bis 55.)

Die Großverbraucher von Förderbändern, insbesondere der Stein- und Braunkohlenbergbau, sind seit langem bemüht, sich Prüfmethode und Einrichtungen zu schaffen, die ihnen eine Beurteilung der Qualität ermöglichen. Im Verein mit der Kautschukindustrie wurden Normen aufgestellt, die zur Zeit im zweiten Entwurf vorliegen. (Din Berg 2102 Fachnormen für Bergbau »Faberg«, Essen.) Sie behandeln Stoffgewicht und Festigkeit, Trennfestigkeit der Einlagen, Haftfestigkeit der Gummidecke, Reißfestigkeit des Deckgummis und beschreiben eine Reihe von Prüfungen am fertigen Band. Über die Alterung wurde eine Einigung nicht erzielt, die für die Beurteilung einer Banddecke wichtige Prüfung auf Kerbzähigkeit fehlt noch vollständig.





# BALLONSTOFF

VON DR. ANTON FISCHER, FRANKFURT A / MAIN

Die Herstellung von Ballonhüllen sowohl für Freiballons, Fesselballons, als auch lenkbare Luftschiffe stellt an das zur Verwendung kommende Material mannigfache Anforderungen, die in ein und derselben Substanz schwer zu vereinigen sind. Im Prinzip müssen diese Hüllen aus einem Material geringsten Gewichtes bestehen (es handelt sich ja um die Konstruktion von Apparaten, die leichter als Luft sind), es muß hohe mechanische Festigkeit, Undurchlässigkeit für die angewandten Gase, Geschmeidigkeit und Elastizität und große Gleichmäßigkeit besitzen und sich außerdem in der Fabrikation leicht verarbeiten lassen. Außerdem muß es gegenüber der Einwirkung der Atmosphärrilien und den zu erwartenden großen Temperaturschwankungen beständig sein. Einige dieser Eigenschaften stehen sich zweifellos diametral gegenüber (beispielsweise das geforderte geringe Gewicht und die hohe mechanische Festigkeit). Da keiner der bekannten Rohstoffe diese Eigenschaften im vollen Ausmaß aufweist, ist es verständlich, daß man sich in der Praxis damit begnügen muß, dem Ideal möglichst nahe zu kommen. Wenn der größte Teil der Ballonhüllen aus gummierten Stoffen hergestellt wird, so beruht dies nicht etwa darauf, daß diese Stoffe alle die aufgezählten Eigenschaften besitzen, sondern lediglich darauf, daß sie die meisten dieser Eigenschaften und diese im höchsten Grade vereinigen.

Es sind auch schon andere Stoffe an Stelle der gummierten Gewebe für die Herstellung von Ballonhüllen vorgeschlagen und angewandt worden. Hier wären vor allem die auch heute noch in Deutschland und in den Vereinigten Staaten angewandten, mit Goldschlägerhaut bedeckten Gewebe zu nennen. Unter Goldschlägerhaut versteht man eine äußerst dünne Membran, die gewisse Teile des Eingeweidcs (Caecum) des Rindes bedeckt. Man kann sehr weiche und gasundurchlässige Ballonhüllen herstellen, indem man Gewebe mit Goldschlägerhäutchen, die ohne Unterbrechung miteinander verbunden werden, bedeckt. Es sei aber darauf hingewiesen, daß die fabrikmäßige Herstellung solcher Hüllen erhebliche Schwierigkeiten aufweist. Die Goldschlägerhäutchen sind von verhältnismäßig kleinem Ausmaß und von sehr unterschiedlicher Qualität. Sie müssen daher vor der Verwendung genauest ausgewählt und geprüft werden. Das Aufkleben derselben auf das Gewebe muß von Hand aus erfolgen und stellt eine langwierige und delikate Arbeit dar. Schließlich stellt sich bei Benutzung durch die wiederholten mechanischen Kräfte leicht eine Loslösung der Häutchen vom Gewebe ein, wodurch seine Dichtigkeit nachläßt. An dieser Stelle sei noch auf einige Verfahren hingewiesen, die einer Veröffentlichung von D i t m a r<sup>1</sup> entnommen sind. Das Verfahren von M i c h e l i n D.R.P. 235 829 vom 9. Juni 1900 und B. P. 13 898 vom 8. Juni 1910, wendet Anstriche aus trocknenden Ölen an. Das Verfahren S c h m i d t, D.R.P.

<sup>1</sup> Ditmar, Caout. et Guttapercha (15. Juni 1932) S. 16 017



217 110 vom 30. Oktober 1908, wendet sehr dünne Metallfolien, Metallplättchen oder metallisiertes Papier an. Das Verfahren *Güntner*. D.R.P. 224 521 vom 29. April 1909, verbindet die Anwendung von Kautschuk und Metallfolien, *Rund und Samson*, D.R.P. 250 961 vom 7. Juni 1910, wenden Papier und Kautschuk an. Das Verfahren *Geisenberger*, D.R.P. 185 846 vom 3. Januar 1906, verbindet die Anwendung von Vaseline mit einem gegenüber Luft und Temperatur unempfindlichen Anstrich. Das Verfahren der *Vereinigten Gummiwarenfabriken Harburg-Wien*, D.R.P. 215 242 vom 4. Juli 1908, bezieht sich auf die Verwendung von plastizierten Nitrocelluloselacken, gemäß dem Verfahren von *Schidrowitz*<sup>2</sup> wird Latex mit Leim, Gelatine, Kasein oder anderen Klebstoffen vermischt. Das Verfahren der *Goodyear*<sup>3</sup>, das mit dem vorgenannten gewisse Analogien aufweist, unterscheidet sich im Prinzip davon durch Anwendung von Plastikatoren und vulkanisiertem Latex.

Man kann sagen, daß die mit Anstrich versehenen Gewebe im allgemeinen die Eignung haben, sich mit der Zeit zu verändern und dadurch ihre Schmiegsamkeit zu verlieren. Es bilden sich Risse, die mit ziemlicher Geschwindigkeit Gasverlust bedingen. Bei Verwendung von Papier- oder Metallfolien ist eine längere Haltbarkeit zu bezweifeln, da sich hier durch die wiederholte Biegung oder Knickung leicht Haarrisse bilden können. Bei einer gummierten Ballonhülle hängt die mechanische Widerstandsfähigkeit von dem angewandten Gewebe einerseits und von der Gasdichtigkeit des Kautschuks andererseits ab. Wir wollen daher vor allem diese beiden Komponenten einzeln betrachten und erst dann die Verfahren besprechen, gemäß denen sie zu den eigentlichen Ballonstoffen verarbeitet werden können.

### Ausgangsgewebe

Ballonhüllen bestehen in den seltensten Fällen aus einem einfachen mit Kautschuk einseitig oder beiderseitig gummiertem Gewebe. Derartiges als »einfaches« Gewebe bezeichnetes Material wird höchstens für die Herstellung von ganz kleinen Ballonhüllen oder zur Bekleidung gewisser Teile eines Ballons, die kein Gas enthalten, wie beispielsweise die Steueraggregate lenkbarer Luftschiffe, angewandt. Im allgemeinen bestehen die Hüllen aus zwei oder drei miteinander durch Kautschukschichten verbundenen Geweben, so daß man von »Doppel«gewebe oder »Dreifach«gewebe spricht.

Die am häufigsten angewandten Gewebe bestehen aus Baumwolle. Die für ihre Herstellung angewandte Faser ist im allgemeinen ägyptische Baumwolle erster Qualität, um so ein Maximum der mechanischen Festigkeit zu erzielen. Der Stoff muß sehr dicht und gleichmäßig gewebt sein und darf keinerlei Fehlstellen aufweisen, die auf die Gleichmäßigkeit der Dicke der Kautschukschicht einen nachteiligen Einfluß ausüben könnten. Die Zahl der Fäden pro Längeneinheit sowie ihre mechanische Festigkeit sollen sowohl in Kette wie Schuß gleich sein.

<sup>2</sup> Schidrowitz, E. P. 166 731 (1921); I. R. J. (26. September 1931) S. 3

<sup>3</sup> Goodyear, E. P. 347 735 (1931); F. P. 711 319 (14. Februar 1931)

In Deutschland bestehen keine ausgesprochenen Normen für derartige Gewebe. Sportzwecken dienende Ballons sollen eine Festigkeit von 500 kg pro Meter bei Ballons mit einem Kubikmeterinhalt von 500 bis 1250, und von 600 kg solche von 1250 bis 3000 Kubikmeterinhalt aufweisen.

In den Vereinigten Staaten wird nach E m l e y<sup>4</sup> vornehmlich das sogenannte H. H.-Gewebe angewandt, das sowohl in Kette als auch Schuß 120 Fäden auf den Zoll aufweist und eine Reißfestigkeit von 38 lbs. pro Zoll (etwa 670 kg pro Meter), ein Gewicht von 2,05 ozs. pro Quadratyard (etwa 70 g pro Quadratmeter) aufweisen soll, wenn es bei 70° Fahrenheit und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65% geprüft wird. In Frankreich weisen gemäß den Angaben von W a v e l e t<sup>5</sup> die am meisten gebräuchlichen Gewebe, je nach ihrem Verwendungszweck, ein Gewicht von 60, 90 und 120 g pro Quadratmeter auf.

Die angewandten, für Ballonhüllen bestimmten Gewebe müssen frei von jeglicher Appretur sein, die die Haftung des Kautschuks oder seine Alterung nachteilig beeinflussen könnte. Die Appretur wird durch die Einwirkung von Fermenten (Diastasen) entfernt, ohne daß hierdurch die Festigkeit der Faser leidet. Es ist des weiteren mitunter empfehlenswert, die Gewebe auf Oxydantien, Chloride und Sulfate mit Hilfe von Diphenylamin zu prüfen. Bei einwandfreien Geweben muß diese Probe negativ ausfallen. In besonderen Fällen hat man auch schon Leinen oder Seidengewebe angewandt. Die Anwendung dieser Textilien dient lediglich der Erreichung besonderer Zwecke, beispielsweise der Erzielung eines möglichst geringen Gewichtes bei unveränderten mechanischen Eigenschaften. Nach E m l e y soll der Koeffizient, den man durch Division der Reißfestigkeit (lbs. pro Zoll) durch das Gewicht (ozs. pro Quadratyard) erhält, bei einem guten Ballonstoff ungefähr 20 betragen. Bei Anwendung von ägyptischer Baumwolle wird dieser Koeffizient ein wenig überschritten, bei Verwendung von Seide beträgt er etwa 29 (Gewebe für Fallschirme).

### Kautschuk

Da die Hauptaufgabe des Kautschuks die Erzielung der Gasdichtigkeit der Ballonhülle hat, sollen im folgenden die verschiedenen Faktoren besprochen werden, die diese Dichtigkeit beeinflussen könnten.

a) **Qualität des Kautschuks.** Es empfiehlt sich, die besten Qualitäten von Kautschuk anzuwenden, die möglichst frei von Fremdkörpern, harzartigen Beimischungen oder anderen Substanzen sind, die die Alterung des Kautschuks nachträglich beeinflussen könnten. Die besten Sorten von Plantagenkautschuk, wie First latex Crêpe oder Standard Smoked Sheet, werden heute in einem Zustand offeriert, der alle erwünschten Garantien gibt. Parakautschuk, der für diese Zwecke noch zuweilen verlangt wird, weist gegenüber den vorerwähnten Qualitäten keinerlei besondere Vorteile auf, ja im Gegenteil, er stellt eher auf Grund seiner Unterschiedlichkeit ein gewisses Risiko dar. Parakautschuk muß selbstverständlich

<sup>4</sup> Emley, Proc. Am. Test. Mat. 30 S. II, 58

<sup>5</sup> Wavelet, Chim. et Ind. (supp. Mai 1932) S. 61



vor der Anwendung sorgfältig gewaschen und in freier Luft getrocknet werden, wohingegen die ersten Qualitäten des Plantagenkautschuks nach Entfernung der die Ballen umhüllenden Felle im allgemeinen schon einen Reinheitsgrad aufweisen, der ihre direkte Anwendung zuläßt.

Nach V e n a b l e u n d F u w a <sup>6</sup> ist die Löslichkeit von Kohlensäure in nichtvulkanisiertem Crêpe um 10% geringer als in Smoked sheet; für Luft sind die Ergebnisse bei drei untersuchten Qualitäten von Plantagenkautschuk und für Latex Sprayed Rubber ähnlich. Der Cauchó ist ausgesprochen schlechter. Bei Guayule verringert sich die Dichtigkeit im Verhältnis zur anwesenden Harzmenge. Nach M o r r i s <sup>7</sup> hat die angewandte Kautschuksorte keinen wesentlichen Einfluß auf die Gasundurchlässigkeit. Nach S c h u m a c h e r u n d F e r g u s o n <sup>8</sup> ist die Diffusion des Wasserdampfes durch vulkanisierten Smoked sheet etwas größer als durch Crêpe.

b) **Mastikation.** Um eine sehr gleichmäßige Lösung von Kautschuk in dem Lösungsmittel zu erhalten, und um eine glatte, gleichmäßige Schicht mit dem Streichmesser zu erzielen, erscheint eine weitgehende Mastikation unerläßlich.

Dies gilt insbesondere für das Aufbringen der ersten Striche, die ja die Haftfestigkeit des Kautschuks auf dem dicht gewebten Stoff bedingen sollen. Es ist nicht ganz einfach, die optimalen Bedingungen der Mastikation zu präzisieren, da sie von der Qualität des Kautschuks, den angewandten Apparaturen und der Kühlmöglichkeit der Walzen weitgehend abhängen. Größenordnungsmäßig läßt sich für eine Mischwalze von 1,3 m eine Walzzeit von 60 Minuten für jede 30-kg-Charge Kautschuk empfehlen, wenn man dauernd die Walzen mit kaltem fließenden Wasser kühlt. M o r r i s <sup>7</sup> gibt an, daß die Einwirkung der Mastikationstemperatur auf die Dichtigkeit nur geringen Einfluß hat. Die Dichte scheint sich in den ersten Stadien der kalten Knetung zu verringern. Dies würde mit der Theorie von H a u s e r <sup>9</sup> über die Struktur des Kautschuks in Einklang stehen. Die im Rohkautschuk noch erhaltenen Latexteilchen werden bei einer heißen Mastikation eine Beweglichkeit erhalten, die eine Plastifikation, ohne daß sie zerstört werden, viel leichter gestattet, als bei Knetung im kalten Zustand, woraus hervorgeht, daß die erste Methode einen geringeren Einfluß auf die Eigenschaften des Kautschuks und insbesondere auf die Dichtigkeit ausüben kann als die zweite.

c) **Lösungsmittel.** Die Gummierung von Ballongeweben erfordert keine anderen Lösungsmittel als die, die bei der Gummierung anderer Gewebe Anwendung finden. Es ist lediglich mit besonderer Sorgfalt darauf zu achten, daß die Lösungsmittel bei ihrer Verdampfung keine Spuren von Ölen noch Substanzen hinterlassen, die auf die Alterung des Kautschuks nachteilig einwirken könnten (beispielsweise Petroleum) oder die kristallisieren könnten und somit in der Kautschukschicht Ungleichmäßigkeiten verursachen (Naphthalin). Gereinigtes Handelsbenzol von dem 90%

<sup>6</sup> Venable und Fuwa, Ind. Engng. Chem. 14 (1922) S. 139

<sup>7</sup> Morris, I. R. J. (8./15. August 1931) S. 13, II

<sup>8</sup> Schumacher und Ferguson, Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 158

<sup>9</sup> Hauser, Colloid Chemistry of the Rubber Industry

unterhalb 100° C abdestilliert oder die niedrig siedenden rektifizierten Benzine eignen sich einwandfrei.

d) **Dicke der Schicht.** Während man zur Erzielung wasserdichter gummierter Gewebe größere Schwankungen in der Dicke der Kautschuk-schicht ohne merkliche Veränderungen der Qualität auf sich nehmen kann, muß bei der Herstellung von Ballongeweben, bei denen es sich darum handelt, mit dem geringst denkbaren Gewicht ein Maximum an Dichtigkeit zu erzielen, für eine sehr genaue und gleichmäßige Schicht-dicke Sorge getragen werden. Gemäß den Versuchen von Daynes<sup>10 11</sup> sowie Edwards und Pickering<sup>12</sup> ist die Durchlässigkeit einer Kautschukschicht für Wasserstoff verkehrt proportional zu ihrer Dicke. Es wurden aber auch gewisse nicht ohne weiteres erklärbare Anomalien bezüglich der Gummierung von Geweben und der Anzahl der zur Erzielung einer gegebenen Dichtigkeit erforderlichen Striche beobachtet. So wurde festgestellt, daß die Anwendung eines gegebenen Kautschuk-gewichtes in einer mehr oder weniger großen Anzahl von Strichen nicht die gleichen Resultate ergibt. Je größer die Zahl, um so höher ist die Dichtigkeit. Diese Feststellung wurde ohne Berücksichtigung der Blasenbildung gemacht, wie sie bei der raschen Verdampfung des Lösungsmittels in einer zu dicken Schicht erfolgt und die gerade bei Ballonstoffen mit viel größerer Sorgfalt vermieden werden muß, als bei der Herstellung anderer gummierter Gewebe. So gibt Daynes<sup>11</sup> an, daß ein Kautschukfilm von 200 g pro Quadratmeter, der entweder durch Verdampfung einer Kautschuklösung im Laboratorium oder durch Kalandrieren erzielt wurde, gasundurchlässiger ist als eine Gummierung eines Gewebes von 100 g Gewicht. Mendleberg<sup>13</sup> hingegen gibt an, daß man zur Erzielung guter Dichtigkeit bei Ballonstoffen die Kautschukmasse von 100 g pro Quadratmeter in 15 aufeinanderfolgenden Strichen aufbringen muß. Nach den Versuchen von Ritchie<sup>14</sup> ergeben einfache Kautschuk-schichten verschiedener Dicke keine wesentlichen Unterschiede in der Dichtigkeit und man erhält auch bei Aufträgen einer zweiten Schicht gleichen Gewichts auf ein Gewebe, das bereits einmal gummiert ist, keine merklichen Verbesserungen der Gasundurchlässigkeit. Es muß hier festgestellt werden, daß diese letzten Behauptungen im Gegensatz zu unseren eigenen Erfahrungen stehen. Wir haben bei laufender Herstellung feststellen können, daß man durch Auftragen einer zweiten Schicht von 20 g auf eine bereits bestehende Kautschukschicht von 100 g pro Quadratmeter eine Verbesserung der Dichtigkeit um ungefähr 30% erzielen kann.

e) **Füllstoffe.** Über den Einfluß der Füllstoffe, deren Gegenwart vor allem bei warmvulkanisierten Gummierungen unvermeidlich ist, bestehen sehr unterschiedliche Ansichten. Wenn man sich auf einen rein theo-

<sup>10</sup> Daynes, Proc. Roy. Soc. Lond. 97 A (1900) S. 286

<sup>11</sup> Daynes, Trans. I. R. I. (April 1928) S. 428

<sup>12</sup> Edwards und Pickering, Bur. Stand. Techn. Bull. 387 (1920); Caout. et Gutta-percha (15. März 1921) S. 10 811

<sup>13</sup> Mendleberg, Discussion de la Communication S. II, 450

<sup>14</sup> Ritchie, Techn. Rts. Adv. Comm. Aeron. (1918—1919) S. 1316

48 Hauser, Handbuch I



retischen Standpunkt stellt, so ergeben sich die beiden folgenden Möglichkeiten:

1. Jeder der angewandten Füllstoffe besitzt für das Gas eine größere Undurchlässigkeit als der Kautschuk selbst. Deshalb kann ihre Anwesenheit in der Gummierung, eine gute und einheitliche Verbindung mit dem Gummi und Verteilung vorausgesetzt, die Dichtigkeit nur verbessern. Selbstverständlich ist hier nur eine geringe prozentuale Menge gegenüber dem Kautschuk vorgesehen, da ja sonst die Geschmeidigkeit und Elastizität zu sehr verändert werden würde.

2. Die Zusätze, gleichgültig welchen Feinheitsgrad sie aufweisen, stellen Fremdkörper in der Kautschukschicht dar. Wie fein die einzelnen Teilchen auch sein mögen, kann jedes von ihnen durch die dauernde mechanische Beanspruchung den ihn umgebenden Kautschuk zerstören, wodurch Vakuolen und schließlich feine Risse entstehen, die der Dichtigkeit abträglich sind.

Vom praktischen Standpunkt aus bestätigen die Ergebnisse von Morris<sup>7</sup>, Steinitzer<sup>15</sup>, Venable und Fuwa<sup>6</sup> die erstere Auffassung. So wurde festgestellt, daß eine Absorption von Kohlensäure von einem Film proportional dem Prozentgehalt desselben an Kautschuk entspricht. Durch Zusatz verschiedener Substanzen zum Kautschuk konnte die Durchlässigkeit verringert werden. Bei einem Zusatz von 15 Volumenprozent Zinkoxyd verringert sich die Durchlässigkeit von 0,20 auf 0,16, bei gefällttem Schwerspat auf 0,15. Durch allmählichen Zusatz von Zinkoxyd ergeben sich die folgenden Zahlen: Ohne Zusatz = 0,17; 10 Volumenprozent = 0,15; 20 Volumenprozent = 0,13.

Die Versuche von Davey und Ohya<sup>16</sup> stärken die zweite Möglichkeit. Diese Autoren, deren Messungen auf dem Unterschied des Refraktionsindex von Wasserstoff und Luft beruhen, haben festgestellt, daß der Zusatz von Füllstoffen die Dichtigkeit verringert, daß aber Zusätze mit kleinsten Teilchengrößen, wie z. B. Zinkoxyd oder Gasruß, geringen Einfluß haben. Der Zusatz von Antioxydantien und Plastikatoren verbessert die Undurchlässigkeit. Morris bestreitet zwar diese Auffassung, vertritt aber den Standpunkt, daß die Ergebnisse durch die Versuchsbedingungen, insbesondere durch die Stärke der untersuchten Filme bzw. durch die Verteilung der Füllstoffe beeinflußt sein könnten. Im übrigen sei deren Einfluß, insbesondere wenn sie sehr fein sind, gering. Die Verringerung der Durchlässigkeit, wenn sie überhaupt besteht, ist in keinem Falle der überlegen, die man durch Verringerung des Volumens des vorhandenen Kautschuks erzielen kann.

f) **Vulkanisation.** Wie bei allen Kautschukwaren hat die Vulkanisation auch einen erheblichen Einfluß auf die Alterung der Kautschukschicht von Ballongeweben, mit anderen Worten, auf die Erhaltung der Gasdichtigkeit. Ihre Einwirkung auf die Dichtigkeit kurz nach der Herstellung ist von geringer Bedeutung. Wie Davey und Ohya<sup>16</sup> festgestellt haben, geben Filme von nichtvulkanisiertem Kautschuk bei der

<sup>15</sup> Steinitzer, Gummi-Ztg. 26 (1912) S. 1626

<sup>16</sup> Davey und Ohya, Trans. I. R. I. (Juni 1929) S. 27

Prüfung ihrer Gasundurchlässigkeit oft ungleichmäßige oder gar schlechte Resultate. Dies kann darauf zurückzuführen sein, daß sie auf Grund ihrer Plastizität in den Versuchsapparaturen leicht Veränderungen in ihrer Schichtdicke erfahren können, wohingegen man bei verschiedenen, aus einer Stufenheizung entnommenen Proben, keine erhebliche Untervulkanisation vorausgesetzt, nur geringe Unterschiede in ihrer Gasundurchlässigkeit feststellen kann.

Die Kaltvulkanisation mit Chlorschwefel wird auch heute noch vielfach bei der Herstellung von Ballonstoffen angewandt und hat auch heute noch eine ganze Anzahl Anhänger. Wurm<sup>17</sup> führt einige Kautschukwaren an (Badehauben, billige Haushaltungsschürzen aus gezogener Platte, Patentgummiplatten, chirurgische Artikel, dünnwandige Tauchwaren, billige gummierte gestrichene Stoffe), für die es seiner Ansicht nach falsch wäre, wenn man die Auffassung vertritt, daß die Heißvulkanisation unter Anwendung von Beschleunigern in den nächsten Jahren die Kaltvulkanisation mittels Chlorschwefel verdrängen wird, trotz der bekannten Schwierigkeiten, die zur Erzielung gleichmäßiger Waren unter Anwendung von Chlorschwefel zu überwinden sind. Insbesondere ist es die Vulkanisation in Chlorschwefeldampf, die gerade für die Vulkanisation von Ballonstoffen angewandt wird, bei der man die größte Gefahr von Fehlfabrikaten läuft. Die Bestimmung der erforderlichen Chlorschwefelmenge ist schwierig und hängt von zahlreichen Faktoren ab, wie z. B. Menge und Dicke der zu vulkanisierenden Gegenstände, Art und Größe der Vulkanisationskammer, Wetter usw. Die Bildung von mehr oder minder bedeutenden Mengen von Salzsäure, entsprechend dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, ist unvermeidlich. Wir werden später die Vorsichtsmaßnahmen kennenlernen, die es gestatten, die nachteiligen Einflüsse zu vermeiden.

Wenn wir auch mit Wurm<sup>17 18</sup> den Standpunkt vertreten, daß kaltvulkanisierter Kautschuk nicht unbedingt von schlechter Qualität sein muß, und daß er für gewisse Anwendungszwecke ausreichende Qualitäten aufweisen kann, muß doch nichtsdestoweniger festgestellt werden, daß die Anwendung einer gut regulierten Heißvulkanisation bei Anwesenheit von Ultrabeschleunigern eine merkliche Verbesserung mit sich bringt. Nach diesem Verfahren braucht man keinen Moment Sorge dafür zu tragen, daß die Festigkeit des Gewebes durch die Einwirkung der Salzsäure verringert wird. Die besseren Alterungseigenschaften so gewonnener Filme sind auch bei anderen zahlreichen Kautschukwaren, die nach ähnlichen Verfahren hergestellt sind, heute hinreichend bekannt.

Wir wollen nun die Verfahren beschreiben, mit Hilfe derer die Verbindung des Gewebes mit dem Kautschuk zwecks Erzielung des eigentlichen Ballonstoffes vorgenommen wird. Es erübrigt sich, auf die Verfahren näher einzugehen, die sich auf die Herstellung gestrichener Stoffe im allgemeinen beziehen, da sie in einem anderen Abschnitt dieses

<sup>17</sup> Wurm, Kautschuk 6 (Februar 1930) S. 33

<sup>18</sup> Wurm, Kautschuk 8 (März 1932) S. 40



Werkes bereits ausführlich besprochen sind. Wir werden uns daher auf die für die Herstellung von Ballonstoffen speziell bezüglichen Einzelheiten beschränken.

### Gummierung

Diese Fabrikationsstufe wird mit denselben Maschinen und unter denselben Bedingungen vorgenommen, wie sie für sämtliche gummierte Stoffe Anwendung finden. Bei der Herstellung von Ballonstoffen genügt es, das Augenmerk im besonderen auf die folgenden Punkte zu lenken:

a) **Trocknung.** In Anbetracht der Schwierigkeiten zur Erzielung sehr gut haftender Gummierungen auf den sehr dichten Geweben, ist es erforderlich, daß das Gewebe nicht die geringsten Spuren von Feuchtigkeit aufweist. Dies läßt sich dadurch erzielen, daß man dasselbe vor der eigentlichen Gummierung über eine Anzahl beheizter Trockentrommeln führt.

b) **Auftrag der flüssigen Schichten.** Aus demselben Grunde ist es erforderlich, daß die ersten Striche mit möglichst dünner Lösung aufgetragen werden, um ein gutes Eindringen in die Fäden zu gewährleisten. Erst nach dem Aufbringen von zumindest zwei flüssigen Schichten, kann man an die normale Gummierung schreiten, d. h. viskosere Lösungen anwenden.

c) **Mischung und Knetung.** Um eine möglichst gleichmäßige Imprägnierung zu erhalten, muß die Mischung im Teigknetter hinreichend lange erfolgen. Dies gilt insbesondere bei vorgesehener Heißvulkanisation, da hier die dem Kautschuk gemachten Zusätze so fein wie möglich und in möglichst gleichmäßiger Verteilung in der Endlösung vorliegen müssen.

d) **Anzahl der Striche.** Wie wir bereits gesehen haben, hat die Anzahl der Striche für die Herstellung von Ballongeweben größte Bedeutung. Es ist daher wohl kaum erforderlich, zu erwähnen, daß besondere Sorgfalt der Beschaffenheit des Streichmessers, der Streichwalze sowie der Ver- und Feststellvorrichtung des Messers geschenkt werden muß. Man muß hierbei bedenken, daß jeder Strich ungefähr 8 g Kautschuk pro Quadratmeter niederschlägt, dessen Schichtdicke inklusive des enthaltenen Lösungsmittels beim Durchgang unter dem Streichmesser nicht mehr als ungefähr 0,07 mm beträgt.

e) **Bepudern.** Wo die aufgetragenen Kautschukschichten für die Oberfläche der Ballonhüllen vorgesehen sind und nicht zwecks Dublierung mit einem anderen Stoffe gemacht sind, nimmt man ihr die Klebrigkeit durch Bepudern mit Talkum oder Stärkemehl. Obwohl diese äußeren Schichten auf die Dichtigkeit des Gewebes naturgemäß einen viel geringeren Einfluß haben als die Zwischenlagen mehrzähliger Gewebe, ist es dennoch erforderlich, daß der angewandte Puder sehr fein und frei von Agglomeraten sowie gleichmäßig sein muß. Auch die zur Verteilung des Puders angewandten Bürsten müssen sehr weich sein, um Kratzer auf der Gummierung zu vermeiden und zu verhindern, daß übermäßige Mengen von Puder durch den ausgeübten Druck in die Gummierung eingearbeitet werden.

f) **Anwendung von Latex.** Es erschien ebenso wie bei anderen Geweben logisch auch für die Gummierung von Ballonstoffen die Anwendung von Latex ins Auge zu fassen, um so die Lösung von Kautschuk in organischen Lösungsmitteln zu vermeiden. Leider ist einer der Hauptnachteile des Latex seine geringe Haftung an der Textilfaser, wie *Hauser*<sup>19</sup>, dem wir sowohl die umfassendsten theoretischen wie auch praktischen Forschungen über Latex und seine Anwendung verdanken, ausführte. Im Falle des Ballonstoffes ist dieser Nachteil natürlich besonders ausgesprochen. *Hauser* gibt an, daß die Anwendung von Latex zwecks Erzielung gummierter Stoffe bis heute noch nicht den Erfolg aufweist, den man ihm vor einigen Jahren noch prophezeite. Man muß zugeben, daß die tatsächliche Imprägnierung eines Cordfadens oder eines Gewebes durch gewöhnlichen Latex eine theoretische und praktische Unmöglichkeit ist. Der Kautschuk lagert sich einfach als Hülle an der äußeren Oberfläche eines jeden Fadens ab und dringt nicht in das Gewebe ein, so daß je nach Art des angewandten Gewebes die Kautschukschicht mehr oder minder leicht abgezogen werden kann. Bei dichtgewebten Baumwollstoffen, wie es die Ballonstoffe ja sind, konnte *Wavelet*<sup>20</sup> die mangelhafte Haftfestigkeit des Latex sich zunutze machen, um Farbeffekte, ähnlich dem Batik, zu erzielen und konnte Muster vorführen, bei denen man den aus Latex erhaltenen Kautschukfilm vom Gewebe einfach abziehen konnte. *Hauser* bemerkt jedoch, daß die Fortschritte unserer Erkenntnis auf dem Gebiete des Latex es bereits gestattet haben, Latexmischungen herzustellen, deren Imprägnierungsfähigkeit in bezug auf Gewebe verbessert ist. Der Fortschritt ist an sich vorhanden, wenn auch langsamer als erwartet, aber es wird nicht mehr viel Zeit verstreichen, bis der Latex auch für eine große Anzahl von Anwendungsgebieten, die heute noch den Kautschuklösungen reserviert sind, brauchbar sein wird.<sup>21</sup>

Es sei hier nochmals auf das Verfahren von *Schidrowitz*<sup>2</sup> und *Goodyear*<sup>3</sup> verwiesen, die vulkanisierten oder nicht vulkanisierten Latex in Verbindung mit Gelatine und Glycerin anwenden. Auf Grund unserer Erfahrungen schließen mit Latex erzielte Gummierungen außer dem Nachteil einer schlechten Haftung auf dem Gewebe noch wasserlösliche oder wasserquellbare Substanzen, wie Gelatine, Glycerin, gewisse Salze oder als Stabilisatoren oder als Schutzkolloid angewandte Seifen und dergleichen ein, die der Einwirkung der Atmosphäre schlecht widerstehen. Ihre Dichtigkeit mag kurz nach der Herstellung hervorragend sein, sie läßt jedoch nach wenigen Tagen, insbesondere bei regnerischem Wetter, rasch nach. Es ist denkbar, daß das Wasser allmählich in den Film eindringt und durch Quellung und Auslaugung der löslichen Substanzen die Dichtigkeit verringert.

<sup>19</sup> *Hauser*, Trans. I. R. I. (Dezember 1931) S. 298

<sup>20</sup> *Wavelet*, Expos. Intern. Caout. Paris (Januar 1927)

<sup>21</sup> Bezüglich der Möglichkeit, Latex durch geeignete Zusätze oder Verfahren auch für eine restlose Durchimprägnierung von Geweben geeignet zu machen, sei auf die entsprechende Stelle im Abschnitt »Latex-Technologie« verwiesen.



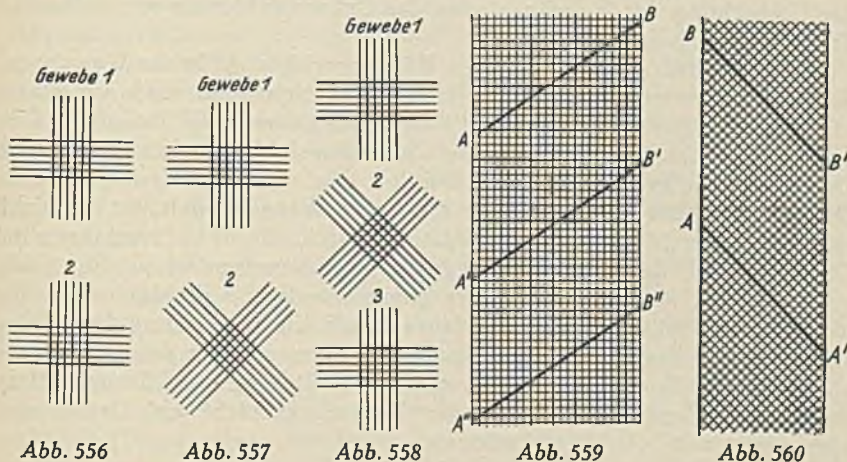
g) **Kalandrieren.** Nachdem der letzte Strich zwecks Erzielung des gewünschten Gesamtgewichtes aufgetragen worden ist, nimmt man das Gewebe von der Streichmaschine ab und läßt es durch einen Kalandrier mit vollkommen glatten Walzen (im allgemeinen wird eine Metallwalze auf der gummierten Seite und eine mit Kautschuk bekleidete auf der Gewebeseite angewandt) laufen. Diese Arbeitsstufe dient der Erhöhung der Dichtigkeit und Gleichmäßigkeit der Kautschukschicht. Der Druck der Walzen darf nicht zu stark sein, um zu verhindern, daß etwaige Fehler des Gewebes die Schichtdicke des Kautschuks nachteilig beeinflussen. Es empfiehlt sich, die frisch gummierten Gewebe nur möglichst kurze Zeit zu lagern, bevor man sie der Vulkanisation unterwirft, sofern es sich um einfache Gewebe handelt oder sie möglichst bald vor der Vulkanisation zu dublieren, wenn es sich um zwei- oder dreifache Gewebe handelt.

### Schrägschneiden, Dublieren

Das Dublieren besteht in der Vereinigung zweier gummierter Gewebe, indem man die gummierten Flächen aufeinanderlegt und ihre Verbindung mittels eines Kalandriers bewirkt. Die Arbeitsweise ist bei der Herstellung verschiedener Kautschukwaren, wie Riemen, Faltbootstoffe und dergleichen, bereits bekannt.<sup>22</sup> Diese Dublierung erhält man im allgemeinen, indem man die zwei Stücke mit parallel zueinander laufenden Fäden vereinigt (Abb. 556). Ballonstoffgewebe werden in den meisten Fällen mit Schrägung dubliert, d. h. die Fäden des einen Gewebes bilden mit dem des anderen einen Winkel von beispielsweise  $45^\circ$  (Abb. 557). Die Dublierung mit Schrägung bezweckt die Verhinderung des Weiterreißen etwaiger Verletzungen der Hülle. Diese Arbeitsstufe wird von *W a v e l e t*<sup>5</sup> wie folgt beschrieben: Das Stück des gummierten Gewebes, das die Schrägung ergeben soll, wird auf einem Tisch in Bahnen geschnitten, so zwar, daß die Schnitte in einem Winkel von  $45^\circ$  zu den Längskanten des Stückes liegen. Dann werden diese Stücke mit den Kanten aneinandergeklebt, wodurch eine fortlaufende Schrägung erzielt wird. Für einen Beschauer, der vor einem so hergestellten Stück steht, ergibt sich eine sogenannte „rechte“ Schrägung, wenn die Klebnähte nach rechts ansteigen, steigen sie nach links an, so haben wir es mit einer „linken“ Schrägung zu tun. (Um Kräfte und Deformationen auszugleichen, verteilt man die Stücke mit rechter Schrägung und die mit linker Schrägung symmetrisch bei der Konstruktion von Ballonhüllen. Die Schrägung wird hierauf auf ein anderes Stück gummiertes Gewebe, das den »geraden Fäden« darstellt, verlegt, wodurch man ein Doppelgewebe erhält (Abb. 557). Dreifache Gewebe (Abb. 558) weisen im allgemeinen eine Schräglage auf, auf die beiderseits Geradfadenlagen gelegt sind. Diese Arbeitsstufen sind nochmals in Abb. 559 veranschaulicht: Zerschneiden eines gummierten Gewebes in Stücke gemäß den Linien A B, A' B', A'' B'' (die feinen Linien geben die Richtung der Fäden an). Abb. 560 stellt die Vereinigung der Stücke zwecks Herstellung der Schrägung dar. Handelt es sich um dublierte Gewebe, so wird die nicht gummierte Seite des zuzuschnei-

<sup>22</sup> Siehe Abschnitte »Gummi-Treibriemen« und »Gummierte Stoffe«

denden Stückes längs seiner Kanten mit einer Kautschuklösung in 2 bis 3 cm Breite eingestrichen, um die Wiedervereinigung längs dieser Naht zu gestatten. Bei der Herstellung dreifacher Gewebe ist das zu zerschneidende Stück selbstverständlich beiderseitig gummiert.



### Kaltvulkanisation

Die einfachen sowie die zwei- und dreifachen Gewebe werden in besonderen Kammern der Einwirkung von Chlorschwefeldampf ausgesetzt. Es gelten hier dieselben Bedingungen, wie sie bei der Herstellung von beispielsweise Regenmäntelstoffen, Anwendung finden. Wie wir bereits festgestellt haben, ist größte Sorgfalt darauf zu verwenden, daß Schädigungen des Gewebes durch die gebildete Salzsäure oder schon allein durch den Chlorschwefel vermieden werden, um die maximale Festigkeit des Gewebes zu erhalten. Wie Wurm<sup>17</sup> angibt, sollen die Vulkanisationskammern zwecks völliger Trocknung auf 30 bis 35° erhitzt werden, sonst können sich merkliche Mengen von Feuchtigkeit, insbesondere bei kalter Jahreszeit, in den Kammern niederschlagen und so eine übermäßige Menge von Salzsäure bilden. Die Vermeidung von Feuchtigkeit ist einer der wichtigsten Faktoren bei dieser Art von Vulkanisation, sie läßt sich leider in der Praxis nicht ganz leicht erreichen. Da man somit immer mit einer Bildung von Salzsäure rechnen muß, ist es erforderlich, für die Neutralisation derselben zu sorgen. Die gebräuchlichste Art, dies zu bewerkstelligen, beruht darauf, daß man das Gewebe nach der Vulkanisation in eine mit Ammoniakdampf gefüllte Kammer verbringt. Wurm empfiehlt diese Methode nicht, sofern man sie direkt nach der Vulkanisation vorsieht. Der Ammoniak würde regenerierend wirken, so daß das so behandelte Gewebe rascher Zerstörung anheimfällt. Es empfiehlt sich, die Gewebe nach der Vulkanisation in frischer Luft für die Dauer von 24 Stunden zu belassen, wodurch sich die Ammoniakbehandlung erübrigt. Es empfiehlt sich des weiteren der Gummierungsmasse eine neutralisierende Substanz wie Magnesia zuzusetzen. Was die Ballonstoffe anbelangt, so haben wir niemals feststellen können, daß eine



mäßige Neutralisation mit Ammoniak irgendwelchen nachteiligen Einfluß auf die Alterung des Kautschuks ausübt. Sie hat im Gegenteil einen ausgesprochen schützenden Einfluß, was die Festigkeit des Gewebes anbelangt, die der Zusatz von Magnesia zur Gummierung niemals, sofern die Einwirkung der Salzsäure oder des Schwefelchlorürs von außen in Frage kommt, haben könnte.

Es ist selbstverständlich, daß die Hängevorrichtung für das Gewebe in den Vulkanisationskammern so konstruiert sein muß, daß sie einen leichten und gleichmäßigen Zutritt der Dämpfe an jede Stelle des Gewebes gestattet. Die Qualität des Chlorschwefels, seine Lagerung und Dosierung bedürfen besonderer Sorgfalt. Da es sich bei den meisten Ballonstoffen um dublierte oder dreifache Ware handelt, ist es nicht empfehlenswert, die Kaltvulkanisation durch ein Tauchverfahren in Chlorschwefel, der mit einem organischen Lösungsmittel verdünnt ist, vorzunehmen, wie dies für andere gummierte Stoffe (Bekleidungsstoffe usw.) der Fall ist. Bei diesem Verfahren wirkt die Einwirkung des Chlorschwefels auf das Gewebe auf Grund der Konzentration des Bades zerstörend, außerdem kann aber die quellende Wirkung des Lösungsmittels nachteilige Verschiebungen in der Kautschukschicht auf Grund der Dublierung mit Schrägung bedingen.

### Warmvulkanisation

Diese Art der Vulkanisation läßt sich ebenso wie für andere gummierte Stoffe ausführen, indem man entweder das Gewebe in einer Heißluftkammer aufhängt oder indem man es, auf einem Metallhorn aufwickelt, in Dampf oder Heißluft verbringt. Die letztere Art scheint die besseren Ergebnisse zu zeitigen. Durch das feste Aufwickeln ist die Gummierung während der Vulkanisation sozusagen komprimiert und vor Oxydation geschützt. Es ist selbstverständlich, daß man der Dicke der Ballongewebe Rechnung tragen muß und daß der Temperaturanstieg so erfolgen muß, daß an jeder Stelle des Gewebes eine gleichmäßige Vulkanisation gewährleistet erscheint. Die Anwendung von Ultrabeschleunigern, beispielsweise aus der Gruppe der Thiazole oder der Dithiocarbamate, in Verbindung mit mäßigen Schwefelmengen und mäßiger Temperatur ist ebenso wie für andere Kautschukwaren sehr empfehlenswert. In anderen Abschnitten dieses Handbuches sind Mischrezepte für an Kautschuk reiche Mischungen aufgeführt, die ohne weiteres den für die Gummierung von Ballonstoffen geeigneten entsprechen. D a v e y und O h y a<sup>16</sup> geben beispielsweise folgende Mischungen an:

1. Kautschuk . . . . .	91	2. Kautschuk . . . . .	100
Zinkoxyd . . . . .	5	Zinkoxyd . . . . .	3
Schwefel . . . . .	3	Schwefel . . . . .	3
Äthylidenanilin . . . . .	1	Mercaptobenzothiazol	0,8
3. Kautschuk . . . . .	100		
Schwefel . . . . .	8		

Die letzte Mischung, die gewissermaßen zum Vergleich angesetzt wurde, ergab gegenüber den erst erwähnten erheblich schlechtere Er-

gebnisse. Wurm<sup>23</sup> empfiehlt als Grundregel der Warmvulkanisation, sich die Verarbeitungsart zu eigen zu machen, die bei Geweben Anwendung findet, die vornehmlich der Einwirkung von Licht ausgesetzt sind, und zwar reduzierter Schwefelgehalt, möglichst kurze Vulkanisation und Anwendung von Paraffin als Schutzstoff.

Was den Gehalt an Schwefel anbelangt, so ist insbesondere der gebundene Schwefel zu berücksichtigen. Ein geringer Überschuß an freiem Schwefel hat keinen nachteiligen Einfluß. Im Gegenteil bestätigt Dawson<sup>24</sup> die an Kautschukgegenständen vor einigen Jahren gemachten Beobachtungen, daß das Ausblühen von Schwefel die Zerstörung des Kautschuks verlangsamt. Auch die Ausschwitzungen öligere Substanzen wie Teer, Paraffin und dergleichen ergeben schützende Schichten. Austerweil<sup>25</sup> erwähnt den Fall, daß ein Ballon an den Stellen erhöhte Gasdurchlässigkeit aufwies, an denen die Gummierung die geringste Menge freien Schwefels ergab. Wir haben selbst Muster von Ballonstoffen untersuchen können, deren Oberfläche infolge Ausblühens von Schwefel ganz grau war. Die Erhaltung der Gasundurchlässigkeit mußte als hervorragend bezeichnet werden. Überschüssiger freier Schwefel verschwindet aber rasch, wenn das Gewebe, insbesondere bei erhöhten Temperaturen der freien Luft ausgesetzt ist. Der Zusatz von Paraffin, wie er bei dem Licht ausgesetzten Kautschukgegenständen empfohlen wird, darf bei Ballonstoffen nur in geringen Mengen erfolgen. Es empfiehlt sich, nicht über 3% bis äußerst 5% zu gehen, da bei höheren prozentualen Zusätzen die erweichende Eigenschaft des Paraffins die Alterung der Gummierung schädigt. Ein Paraffinzusatz ist bei Anwendung der Kaltvulkanisation ausgeschlossen, da er die Einwirkung des Chlorschwefels auf den Kautschuk hindert und die Vulkanisation verzögert.

### Kontrollversuche an Ballonstoff

Nach der Vulkanisation (und Neutralisation, sofern es sich um Kaltvulkanisate handelt) werden die Ballonstoffe mittels starker Lichtquellen durchleuchtet. Wenn man Löcher, Risse, Loslösung der Klebstellen oder Webfehler feststellt, so werden diese Stellen mit einem kleinen Stück gummierten Gewebes überklebt. Hierauf werden die Charakteristika der Gewebe in bezug auf Gewicht, mechanische Widerstandsfähigkeit und Dichtigkeit gegenüber Wasserstoff geprüft. Das Maß der Gasundurchlässigkeit von Ballonstoffen ergibt sich aus zahlreichen Arbeiten über die Durchlässigkeit des Kautschuks gegenüber verschiedenen Gasen, insbesondere Wasserstoff. Daines<sup>11</sup> gibt für dieses Phänomen folgende Beschreibung, indem er drei Phasen unterscheidet.

1. **Absorption des Gases durch den Kautschuk.** Dieses Phänomen ist reversibel, da es das Resultat eines Gleichgewichtes zwischen dem im Kautschuk enthaltenen und außerhalb desselben befindlichem Gase darstellt. Venable und Fuwa<sup>26</sup> führen an, daß es sich bei der Absorp-

<sup>23</sup> Wurm, Kautschuk 8 (Februar 1932) S. 21

<sup>24</sup> Dawson, Trans. I. R. I. (August 1931) S. 95

<sup>25</sup> Austerweil, Angewandte Chemie in der Luftfahrt (1914)

<sup>26</sup> Venable und Fuwa, Ind. Engng. Chem. 14 (1922) S. 139



tion nicht um eine Oberflächenerscheinung handelt, sondern daß dieselbe in der ganzen Masse vor sich geht.

2. **Diffusion.** Wenn die Konzentration des Gases im Innern des Kautschuks aus irgendeinem Grunde nicht gleichmäßig ist, so entsteht eine Bewegung des Gases mit dem Zweck, Gleichmäßigkeit herzustellen.

3. **Durchdringung.** Wenn ein Kautschukfilm mit einer Oberfläche mit einem unter gewissem Druck stehenden Gas in Verbindung steht, und seine andere Oberfläche einem Vakuum oder einem anderen Gase ausgesetzt ist, so wird die eine Fläche sich mit dem einen Gas sättigen, die andere jedoch nicht. Es ergibt sich eine verschiedene Konzentration und somit ein andauernder Strom durch den Film. Das Gas dringt an der einen Oberfläche ein, um aus der anderen auszutreten.

Diese Beschreibung gilt natürlich nur, sofern stabile Versuchsbedingungen erzielt worden sind. Wenn beispielsweise ein Kautschukfilm lange in Berührung mit Luft war, und eine Oberfläche nun einer Wasserstoffatmosphäre ausgesetzt wird, so kann eine gewisse Zeit vergehen, bevor der letztere auf der anderen Seite des Filmes nachweisbar wird. Es wird sich vorderhand auf einer Seite eine hohe Konzentration ergeben, so daß in der ersten Minute eine vielfach größere Menge Gas in den Film eindringen wird, als nach Einstellung des Gleichgewichts der Fall sein wird. Diese Feststellung muß bei der Prüfung der Durchlässigkeit beachtet werden, insbesondere wenn es sich um Versuche mit dicken Mustern, wie z. B. Dreifachgewebe, handelt.

Die Durchlässigkeit wird durch verschiedene Faktoren beeinflußt, wie z. B. Natur des Gases, Temperatur und Druck. Was die Natur des Gases anbelangt, so geben Edwards und Pickering<sup>12</sup> folgende Vergleichszahlen, wobei die Durchlässigkeit des Wasserstoffs mit 1 bezeichnet wird, an: Stickstoff 0,16, Luft 0,22, Sauerstoff 0,45, Helium 0,65, Kohlensäure 2,9, Wasserdampf etwa 50. Daynes<sup>11</sup> hat unter der gleichen Voraussetzung folgende von verschiedenen Forschern angegebenen Zahlen zusammengestellt:

	An Kautschukfilmen			An Ballonstoffen		
Luft	0,21	0,18	0,19	0,21	0,22	
Sauerstoff	0,46	0,36	0,34	0,28	0,42	0,45
Stickstoff	0,18	0,125		0,14	0,14	0,16
Helium	0,31	0,70		0,66	0,65	
Kohlensäure	2,46	2,50	2,75	2,73	2,88	
Wasserdampf	47,0	62,0	65,0	50,0	200,0	

Trotz der bestehenden Divergenz in den Ergebnissen der einzelnen Forscher ist die große Durchdringungsgeschwindigkeit von Wasserdampf durch Kautschuk interessant. Sie steht in gewissem Gegensatz zu der Auffassung, zu der man auf Grund der zahlreichen Gummiwaren gelangen könnte, bei denen Kautschuk wegen seiner Wasserundurchlässigkeit Anwendung findet. Morris und Street<sup>27</sup> geben an, daß die Durchlässigkeit von Kautschuk, der für kurze Zeit unter Wasser gelagert hat, für Gase abnimmt, bei längerem Belassen in Wasser steigt dieselbe jedoch wieder erheblich an.

<sup>27</sup> Morris und Street, I. R. J. (4. Januar 1930) S. 15

Es ist auch eigenartig, daß ein schweres Gas wie Kohlensäure fast um das Dreifache rascher durch Kautschuk diffundiert als Wasserdampf.

Die Abhängigkeit der Durchlässigkeit von der Temperatur ist nicht linear. So geben Edwards und Pickering für die relative Durchlässigkeit folgende Zahlen:

	Bei 20° C	Bei 70° C	Bei 100° C
Wasserstoff	1	4,4	8,8
Kohlensäure	1	4,2	6,3

Der Koeffizient der Durchlässigkeitszunahme in einem Temperaturbereich von 15 bis 25° C beträgt für je 1° Steigung bei Luft 6,7%, Sauerstoff 6,3%, Stickstoff 7,7%, Wasserstoff 5%, Helium 5,1%, Kohlensäure 5,9%.

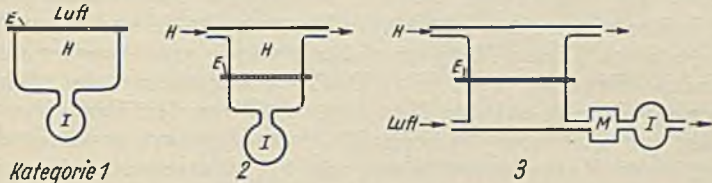


Abb. 561

Die Absorption und die Durchlässigkeit sind proportional dem partiellen Gasdruck. Jedes Gas diffundiert entsprechend seinem partiellen Druck unabhängig von der Anwesenheit anderer Gase. Wasserstoff durchwandert einen Kautschukfilm mit derselben Geschwindigkeit, ob nun Luft oder Kohlensäure an der anderen Seite vorhanden ist. Lediglich Wasserdampf macht hier eine Ausnahme. So konnte Shakespeare<sup>28</sup> finden, daß die Durchlässigkeit eines Ballonstoffes in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft um 3 bis 4% geringer ist als in trockener Luft.

Allgemein wird die Durchlässigkeit im Volumen des Gases pro Zeiteinheit und pro gegebener Gewebeoberfläche gemessen. In Liter Wasserstoff pro Quadratmeter und 24 Stunden ausgedrückt, entspricht eine Durchlässigkeit von 10 ungefähr 42 ccm und 3,8 mg Wasserstoff pro Stunde. Die zur Bestimmung angewandten Apparaturen wurden von Barr<sup>29</sup> in drei Kategorien eingeteilt, wie sie in Abb. 561 schematisch dargestellt sind.

1. Kategorie. Eine bekannte Menge Wasserstoff wird in einem Druckgefäß bei konstanter Temperatur eingeschlossen. Das Gefäß wird durch das zu prüfende Gewebestück E abgeschlossen. Der Indikator J gestattet die Feststellung des Gasverlustes (Differenz des austretenden Wasserstoffes und der eintretenden Luft) durch Messung eines Flüssigkeitsvolumens, das in das Gefäß zwecks Erhaltung des Druckes oder zwecks Ergänzung des verlorenen Gasvolumens eingebracht wird. Apparate dieses Prinzips, die die meiste Anwendung gefunden haben, sind die Waage von Renard-Surcouf und das Permeabilimeter von Paquier. Sie weisen die folgenden Nachteile auf: a) Die Veränderung des

<sup>28</sup> Shakespeare, Techn. Rts. Adv. Comm. Aeron (1916—1917) S. 579

<sup>29</sup> Barr, Techn. Rts. Adv. Comm. Aeron (1915—1916) S. 497



zu messenden Volumens kann leicht durch kleine Temperatur- und Druckschwankungen gefälscht werden, sofern man nicht hinreichend lange Versuche oder eine Methode der Kompensation, wie sie Barr<sup>29</sup> erwähnt, anstellt. b) Der zur Aufnahme des Gewebes dienende Verschuß ist schwer so abzudichten, daß die Resultate durch entweichendes Gas nicht ungenau werden. Es empfiehlt sich, den Abschluß noch vorsichtig mit einer gasdichten Substanz, wie z. B. Gelatine, gesondert abzudichten. c) Zur Erzielung genauer Messungen muß eine Korrektur für das Luftvolumen angebracht werden, das durch das Probegewebe oder die Dichtungsstellen eingedrungen ist und den partiellen Wasserstoffdruck verringert.

2. Kategorie. Bei dieser Art von Apparaten wird die eine Seite des Gewebes mit Wasserstoff gespült, wohingegen die andere Seite mit einem Indikator versehen ist, der die Messung des diffundierten Wasserstoffs gestattet. Dieses Mengenverhältnis wurde von Dewar mit Hilfe steigenden Druckes ermittelt. Das Catharometer von Shakespeare<sup>30</sup> beruht auf der Messung der Wärmeleitfähigkeit von Gemischen von Luft und Wasserstoff. Dieser Apparat gestattet die Erfassung eines Mengenverhältnisses von 1% Wasserstoff mit einer Genauigkeit von 1%. Das feststellbare Wasserstoffvolumen beträgt ungefähr  $5 \times 10^{-5}$  ccm. Das Probestück kann von variabler Oberfläche, und zwar zwischen 100 bis 500 qcm sein. Die folgenden praktischen Konstruktionen derartiger Apparate wie z. B. der Roll Tester, Balloon Explorer und Detail Explorer gestatten rasche und exakte Messungen.

3. Kategorie. Bei diesen Apparaten trennt das Probestück E zwei Hälften eines Zylinders, in dem Wasserstoff bzw. Luft zirkulieren. Die den Zylinder verlassende Luft wird durch den Zähler M gemessen, sein Gehalt an diffundiertem Wasserstoff wird in J bestimmt. Die Bestimmung des Wasserstoffes kann nach verschiedenen Methoden erfolgen, z. B. a) durch Verbrennung; Rosenhain und Barr<sup>31</sup> wenden platinieren Quarz und einen elektrischen Ofen an. Hayn<sup>32</sup> verwendet Palladiumschwamm. b) Das Rayleighsche Interferometer ermöglicht die Feststellung bis 0,01% Wasserstoff; die Methode von Frenzel<sup>33</sup> ist in ihrer von Edwards abgeänderten Form vom amerikanischen Bureau of Standards<sup>34</sup> übernommen worden. c) Mittels den in Kategorie 2 erwähnten Catharometern. In diesem Fall ist es möglich, größere Oberflächen zu untersuchen, als bei Anwendung einer auf bestimmter Gasmenge beruhenden Methode.

### Die Konservierung von Ballonhüllen

Die Bedingungen, unter denen Ballonstoffe verwendet werden, sind unglücklicherweise für ihre Erhaltung sowohl vom Standpunkt der Baumwolle als auch des Kautschuks die denkbar schlechtesten. Obwohl

<sup>30</sup> Daynes und Shakespeare, Proc. Roy. Soc. Lond. 97 A (1920) S. 273

<sup>31</sup> Rosenhain und Barr, Techn. Rts. Adv. Comm. Aeron (1909—1910) S. 86

<sup>32</sup> Hayn, Preuß. Akad. Wiss. Berlin 14 (Ber. 1911) S. 365

<sup>33</sup> Frenzel, Über die Gasdurchlässigkeit (1912)

<sup>34</sup> Amer. Bur. Techn. Paper (1918) S. 31

Muster derartiger Ballonstoffe bei Aufbewahrung in Schubladen, ja sogar im diffusen Licht über mehrere Jahre hinaus keine merklichen Veränderungen zeigen, ist die Haltbarkeit einer Ballonhülle unter normalen Verwendungsbedingungen ganz erheblich kürzer. Wie Barr<sup>35</sup> angibt, ist die Zerstörung des eigentlichen Gewebes der Hülle von viel größerer Bedeutung für den Ballon, als ein Verlust der Dichtigkeit infolge der Alterung des Kautschuks. Im letzteren Fall kann der Ballon Gas verlieren und allmählich zu Boden sinken, wohingegen eine Schwächung des Gewebes, die genügt, um einen Riß oder ein Platzen zu bedingen, so gut wie sicher zu einer Katastrophe führen wird. Sowohl die Zerstörung der Baumwolle als die des Kautschuks beruht auf einer Oxydation durch das Licht. Die Baumwolle nimmt die reduzierenden Eigenschaften der Oxy-cellulose an, wohingegen bei Abwesenheit des Sauerstoffs keine merkliche Veränderung erfolgt. Die Untersuchung der am schädlichsten wirkenden Spektralfarben war der Zweck zahlreicher Forschungen. Von einer Seite wurden Strahlungen mit einer Wellenlänge unterhalb 3000 Å als für die Zerstörung der Cellulose besonders wirksam bezeichnet, wohingegen Dr. Ramsbottom zeigen konnte, daß sich zwei Baumwollmuster, die einerseits in Quarz-, andererseits in Glasröhren eingeschlossen waren, in ihrem Verhalten gegenüber Sonnenlicht nicht unterscheiden. Andererseits ließ sich an Ballonstoffen, die im Jahre 1904 tropischem Klima (Küste des Somalilandes) ausgesetzt waren, feststellen, daß sich verhältnismäßig beachtenswerte Spuren von Schwefelsäure bilden. Diese Säure konnte nicht vom freien Schwefel eines Warmvulkanisates stammen, da kaltvulkanisierte Proben eine Azidität derselben Größenordnung ergaben. Versuche des National Physical Laboratorys ergaben, daß in den Grenzen der beobachteten Azidität der Verlust an Widerstandsfähigkeit der Baumwolle bei gegebener Temperatur und bei Verdoppelung der Säurekonzentration ungefähr das 1,5fache beträgt. Bei gegebener Säurekonzentration verdoppelt sich die Schwächung bei einer Temperaturerhöhung von 8° C. Wenn man daher die vielfache Verwendung von Ballons bei erhöhter Temperatur unter stärkster Sonnenbestrahlung bedenkt, kann man sich über das rasche Abfallen der mechanischen Widerstandsfähigkeit ein Bild machen.

Bezüglich des Kautschuks muß selbst bei richtiger Vulkanisation darauf hingewiesen werden, daß seine Empfindlichkeit gegenüber Hitze und Licht im Falle des Ballonstoffes durch seine geringe Dicke von der Größenordnung von 0,1 mm, mitunter auf Grund von Webfehlern auch weniger, merklich verstärkt wird.

Es darf auch nicht übersehen werden, daß die dauernden Deformationen, die ständig wechselnde Feuchtigkeit und Trockenheit, Hitze und Kälte eine ungeheure Beanspruchung bedeuten. Nach Auffassung von Wurm<sup>23</sup> ist die für die Zerstörung vornehmlich verantwortlich zu machende Substanz der Ozon, der sich in gewisser Höhe in staubfreier Luft durch die Einwirkung der ultravioletten Strahlen selbst bildet.

Um nun Baumwolle und Kautschuk vor der Einwirkung des Lichtes zu

<sup>35</sup> Barr, Trans. I. R. I. (Juli 1929) S. 31



schützen, werden Lichtfilter in Form verschiedener Farbschichten angewandt. Schon 1910 hat Victor Henry die Auffassung vertreten, daß die ultravioletten Strahlen bei der Zerstörung des Kautschuks eine aktive Rolle spielen, und er empfahl, die äußere Schicht eines dublierten Gewebes gelb zu färben. Man wandte Bleichromat bei der Kaltvulkanisation und Anilinfarben für die Warmvulkanisation an. Bleichromat, das auch noch heute mitunter angewandt wird, hat die Eigenschaft, sich in der Heißvulkanisation zu schwärzen. Seine Anwendung ist nicht empfehlenswert, da Chromate im allgemeinen oxydierende Eigenschaften aufweisen, insbesondere Spuren von alkalischem Bichromat, die die Gewebe mit dem erwähnten Farbstoff oft zurückhalten. In Frankreich hat man grüne Farben angewandt, die weniger sichtbar sind als gelbe oder rote. Nach Dr. Atkins soll diese Färbung die Zerstörung einiger in Ägypten angewandter Ballons sehr beschleunigt haben. Zu Ende des Weltkrieges war man fast allgemein von dem Wert der Gummierung unter Anwendung von Aluminiumpulver überzeugt. Sie gab eine opake Schicht, die sowohl Kautschuk wie Baumwolle gegen die Strahlung schützte, gleichzeitig aber infolge der reflektierenden Oberfläche bis zu einem gewissen Grade die Temperaturerhöhung im Ballon vermied. Der Reflektionskoeffizient derartiger Gummierungen ist für sämtliche Strahlungen erhöht, selbst für ganz langwellige, und die Temperatur so ausgestatteter Ballons ist erheblich geringer als bei solchen, die dunkle Farben aufweisen. Die Differenz kann 30° und mehr betragen.

Gemäß Wurm<sup>23</sup> ergibt, einwandfreie Vulkanisation vorausgesetzt, der Zusatz von Antioxydantien, wie sie zur Verbesserung der Alterung von Kautschuk sonst vorgesehen sind, keine nennenswerten Verbesserungen. Wir haben schon früher auf die Vorschläge hingewiesen, die dieser Forscher zur Erzielung der besten Alterung für warmvulkanisierte Stoffe macht. Wavellet<sup>5</sup> führt aus, daß die Anwendung gewisser für die Konservierung von Kautschuk empfohlener Substanzen zu völligen Fehlschlägen geführt hat. Im Verlaufe gewisser Zeit haben diese Substanzen im Innern der Schicht mikroskopische Kristalle ausgebildet, die sozusagen dieselbe perforierten und die Dichtigkeit zerstörten.

Wir möchten unsere Ausführungen nicht beschließen, ohne auf die Gefahren hinzuweisen, die auf Grund künstlicher Alterung aufgestellte, zu rasch gezogene Schlüsse verursachen können. Der größte Teil von Forschern, ja sogar die, deren Name selbst mit einer Methode der künstlichen Alterung eng verknüpft ist, wie z. B. Bierer und Davis, sind sich darüber einig, daß derartige Ergebnisse nur von relativem Wert, im Vergleich zu Versuchen, die unter praktischen Verwendungsbedingungen bereits vorliegen, sein können. Es ist gänzlich von der Hand zu weisen, wenn man einen direkten Zusammenhang zwischen den Ergebnissen künstlicher Alterung und der natürlichen Alterung unter den jeweiligen Anwendungsbedingungen konstruieren würde. Dies gilt im besonderen Maße im Falle der Ballonstoffe, da diese außerordentlich veränderlichen Bedingungen unterworfen sind sowie der gleichzeitigen und aufeinanderfolgenden Einwirkung atmosphärischer Faktoren bei gänzlich verschiedenen Intensitätsgraden, die ihre Lebensdauer bestimmen.

# KUNSTLEDER

VON WALTER MUNZINGER, HEIDELBERG

Unter der Bezeichnung »Kunstleder« versteht man alle diejenigen Produkte, die, sei es rein äußerlich oder in gewissen mechanischen Eigenschaften, einen Ersatz für echtes Leder darstellen. Daraus kann man folgern, daß ein ideales Kunstleder eigentlich sowohl im Aussehen wie in der Reißfestigkeit und dem sonstigen Verhalten dem Echtleder möglichst nahekommen soll, aber diese Forderungen sind bei dem heutigen Stand der Technik kaum gleichzeitig in einem einzigen Produkt zu verwirklichen, ja die kunstlederverarbeitenden Industrien und Gewerbe verlangen nicht einmal ein solches Produkt, das in jeder Beziehung dem Leder gleichkommt. Es genügt vielmehr vollkommen, wenn das Kunstleder je nach dem Verwendungszweck die eine oder andere Eigenschaft des Leders aufweist. Es ist beispielsweise ganz überflüssig, daß einem Kunstleder, etwa für Bucheinbandzwecke, die hohe innere Reißfestigkeit des Leders innewohnt, da an das Kunstleder in dieser Hinsicht keine so hohen Ansprüche gestellt werden; man verlangt hierfür lediglich eine möglichst lederähnliche Oberfläche, verbunden mit hoher mechanischer Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung, ferner noch Wasserundurchlässigkeit bzw. -unempfindlichkeit.

Andere Verwendungsgebiete stellen aber mitunter sogar noch höhere Anforderungen an das Kunstleder, als sie echtes Leder aufzuweisen vermag. Ein Kunstlederprodukt für Autoverdecke muß ungemein beständig gegen Sonnen- und Regeneinflüsse sein, muß aber auch zur Vermeidung großer Abfallstücke und zwecks leichterer Verarbeitung in breiten, gleichmäßigen Bahnen lieferbar sein; ferner soll es, wenn es sich um Klappverdecke handelt, sehr geschmeidig und knickfest sein. Diese Eigenschaften findet man nicht einmal bei Echtleder in dem verlangten Maße vereinigt.

Man sieht also schon aus diesen Erwägungen, daß der Begriff »Kunstleder« durchaus kein eindeutiges Produkt bezeichnet, daß vielmehr dieser Begriff zum Teil grundsätzlich verschiedene Materialien umfaßt, die für ganz spezielle Verwendungsgebiete geschaffen worden sind und Echtleder teils rein äußerlich, teils dessen physikalische Eigenschaften vertreten sollen.

Die verschiedenen Materialien, die Anspruch auf die Bezeichnung »Kunstleder« erheben, kann man entsprechend ihrem inneren Aufbau und ihrer Herstellungsart in zwei Gruppen einteilen:

1. in solche mit deutlich ausgeprägter Schichtung im Aufbau, d. h. mit einem Gewebe als Unterlage und dem darauf befindlichen lederähnlichen Kunstlederfilm und
2. solche, die durchgehend aus einer faserhaltigen Masse bestehen und in Plattenform gepreßt oder gewalzt sind.

Die Produkte beider Gruppen haben ihre Existenzberechtigung, dienen aber ganz verschiedenen Zwecken und sind zum Teil nicht einmal nur ein Ersatz für Echtleder, sondern haben sogar manchmal diesem gegen-



über für die speziellen Verwendungszwecke noch ganz entschiedene Vorteile voraus, so z. B. die Gleichmäßigkeit der Oberfläche über die ganze Kunstlederbahn, die eine sparsame, abfallarme Aufteilung des Materials ermöglicht. Im Gegensatz hierzu entstehen bei der Verarbeitung des Leders infolge der Ungleichmäßigkeit der Häute mitunter große Abfälle, die naturgemäß, abgesehen von dem an sich schon viel höheren Preis des Leders, zu weiteren Verteuerungen führen müssen.

In die beiden genannten Gruppen lassen sich alle Sorten bzw. Ausführungen des Kunstleders einreihen, aber diese selbst unterscheiden sich voneinander wieder teils hinsichtlich der Oberflächengestaltung, teils durch die Art der Herstellungstechnik oder Materialverwendung, und man kann unter Berücksichtigung dieser Punkte folgende Einteilung aufstellen:

1. Kunstleder mit Gewebeunterlage.
  - a) Nitrocellulosekunstleder.
  - b) Gummierte Gewebe = Amerikanische Ledertuche.
  - c) Kunstleder aus Nitrocellulose-Kautschukmischungen.
  - d) Dubliertes Kunstleder.
  - e) Ersatz für Wildleder.
2. Kunstleder aus Faser-Bindemittel-Gemischen.
  - a) Mit Kautschuk als Bindemittel.
  - b) Mit anderen Bindemitteln.

Die Beschreibung der einzelnen Kunstlederausführungen erfolgt zweckmäßigerweise nach vorstehender Aufstellung.

### 1. Kunstleder mit Gewebeunterlage

Diese Produkte bestehen durchweg aus einem mehr oder weniger starken, meist gefärbten Gewebe, das als Unterlage für den eigentlichen Kunstlederfilm dient und dem ganzen Kunstleder Halt und Festigkeit verleiht. Diese Art Kunstleder bezweckt in erster Linie den rein äußerlichen Ersatz von Leder, der stets dann am Platze ist, wenn die Oberfläche irgendeines Gegenstandes lederähnlich ausgestattet werden soll und unbedingte Wasserfestigkeit verlangt wird, ohne daß gleichzeitig auf sehr große innere Festigkeit oder besondere Stärke des Lederersatzes Wert gelegt wird. Indessen kann natürlich auch bei diesen Produkten durch geeignete Auswahl sehr starker Gewebe ohne weiteres eine sehr hohe Reißfestigkeit erzielt werden, wie sie etwa für Polsterzwecke verlangt wird.

Die verschiedensten Ausführungen dieses auf einer Gewebeunterlage gearbeiteten Kunstleders sind die meist verwendeten Ersatzstoffe für Leder und beschäftigten große Fabriken. Unter diesen ist die bekannteste und verbreitetste Ausführung die Kombination eines Gewebes mit reichlich plastifizierten Nitrocellulosefilmen, die unter zahlreichen Bezeichnungen, z. B. Dermatoid, Granitol, Pegamoid, Corid u. a., auf dem Markte sind. Eine umfangreiche, weitverzweigte Industrie befaßt sich mit der Fabrikation dieses Nitrocellulosekunstleders, das, rein äußerlich betrachtet, tatsächlich einen unübertrefflichen Ersatz für Leder darstellt

und hinsichtlich der Oberfläche von Echtleder kaum zu unterscheiden ist.

In diesem Zusammenhang kommt der Herstellung des normalen Nitrocellulosekunstleders kein großes Interesse zu, die sich übrigens, abgesehen von den Rohmaterialien, eng an die Fabrikation des weiter unten zu beschreibenden amerikanischen Ledertuchs anlehnt. Es soll deshalb in diesem Rahmen auch nur soweit auf die Eigenschaften dieses Materials eingegangen werden, als dies zum Verständnis und zur Beurteilung der anderen Kunstlederprodukte erforderlich ist.

Das Nitrocellulosekunstleder hat, wie schon erwähnt, ein vollkommen lederähnliches Aussehen und wird in dieser Beziehung von keinem anderen Ersatzprodukt übertroffen, besitzt aber nicht die innere Festigkeit und Zähigkeit des Leders oder der aus Faser-Bindemittelgemischen hergestellten Lederersatzstoffe. Auch die Widerstandsfähigkeit der Oberfläche gegen Abnutzung ist meist nicht so groß wie bei Echtleder; immerhin muß man berücksichtigen, daß auch Leder, da es ebenfalls einen Nitrocelluloseüberzug besitzt, sich bald abnutzt. Die Licht- und Wetterechtheit des Nitrocellulosekunstleders ist, speziell bei der Verwendung zu Autoverdecken, nicht immer genügend. Man hat diesen Umstand schon durch Ersatz des Nitrocellulosefilms durch einen Acetylcellulosefilm zu beheben versucht, doch sind diese Versuche vorläufig nicht sehr aussichtsreich ausgefallen, und die Acetylcellulose hat andere Mängel mit sich gebracht. Trotz allem ist das Nitrocellulosekunstleder auch heute noch das weitaus meistgebrauchte Produkt von allen Lederersatzstoffen. Die Geschmeidigkeit des Nitrocellulosefilms läßt ebenfalls für manche Verwendungszwecke, z. B. für Klappverdecke, Hochpolster u. a., zu wünschen übrig; das Kunstleder wird durch das häufige Falten und Knicken und durch das federnde Arbeiten der Polsterung bald rissig und wasserdurchlässig, es wird unansehnlich und erfüllt seinen Zweck nicht mehr.

Ein dem Nitrocellulosekunstleder analoges Produkt, das aber auf Kautschukbasis hergestellt ist, kommt unter der Bezeichnung »amerikanisches Ledertuch«, auch »Rubber duc« auf den Markt. Dieses besteht ebenfalls aus einem Gewebe als Unterlage und einem Kautschukfilm als lederimitierenden und wasserundurchlässigen Überzug. Infolge der Verwendung von Kautschuk als filmbildendes Material besitzt dieses Kautschukkunstleder eine ungleich viel größere Geschmeidigkeit als Nitrocellulosekunstleder und eignet sich deshalb ganz besonders zur Verarbeitung auf Autoverdecke. Selbst bei sehr häufigem Zusammenklappen des Autoverdeckes wird der Kautschukfilm nicht rissig und behält seine Wasserundurchlässigkeit bei.<sup>1</sup>

Das Kautschukkunstleder kann das Nitrocellulosekunstleder nicht auf jedem Gebiet vertreten bzw. ersetzen, sondern nur da, wo seine spezifischen Eigenschaften den Anforderungen des speziellen Verwendungszweckes entsprechen, also insbesondere für Verdecke aller Art, Karosseriebespannungen, Regenmäntel u. a.; hierfür wird hauptsächlich

<sup>1</sup> Siehe auch den Abschnitt »Gummierte Stoffe«



außerordentlich hohe Geschmeidigkeit, Biessamkeit und Knickfestigkeit verlangt, die das Nitrocellulosekunstleder nicht in dem erforderlichen hohen Maße besitzt. Andererseits imitiert aber das amerikanische Ledertuch die Lederoberfläche nicht ganz so täuschend wie die bekannten Nitrocellulosekunstleder, aber schließlich ist das lederähnliche Aussehen gerade bei den genannten Verwendungsgebieten viel weniger wichtig wie die inneren Eigenschaften des Lederersatzes und dessen Verhalten.

Das Gummieren der Gewebe hat man ursprünglich durch wiederholtes Auftragen von gelösten Kautschukmassen mittels Pinsel vorgenommen; diese »Fabrikation« war natürlich mehr als primitiv und führte oft zu ungleichmäßigen Resultaten; sie wurde deshalb bald auf maschinellen Auftrag umgestellt. In maschineller Hinsicht wird der Kautschukfilm nach zwei, grundsätzlich voneinander verschiedenen Verfahren erzeugt, entweder durch öfters wiederholtes Aufstreichen der Kautschukmischung auf sogenannten Streich- oder Spreadingmaschinen oder durch Aufwalzen der Kautschukmischung auf das Gewebe in Kalandern. Beide Methoden haben ihre typischen Vorzüge, doch wird heute meist das Streichverfahren angewandt.

### Das Streichverfahren

Die ursprüngliche Spreadingmaschine ist in Abb. 562 schematisch dargestellt. Das Gewebe wird von der mit einer Bremsvorrichtung versehenen Rolle R unter Spannung abgewickelt, läuft über verschiedene Leitwalzen und endlich zwischen der gummiüberzogenen Streichwalze G und dem daraufstehenden Streichmesser M hindurch.

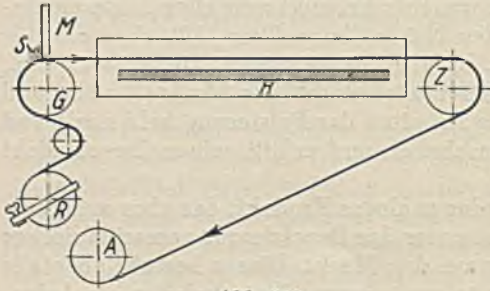


Abb. 562

Beim Durchziehen der Gewebbahn zwischen Messer und Walze überzieht sie sich gleichmäßig mit der Streichmasse und wird nun über den Heitzisch H und die Zugwalze Z zur Aufrollvorrichtung A geführt, wobei der Aufstrich über dem mit Dampf geheizten Tisch vollständig trocknet. Das Aufstreichen wird solange wiederholt, bis der Kautschukfilm die erforderliche Dicke besitzt, d. h. die Gewebeoberfläche bzw. die Gewebestruktur völlig gedeckt ist.

In neuerer Zeit ist man von der unter dem Streichmesser angeordneten Walze abgegangen und hat sie durch ein über zwei Eisenwalzen laufendes Gummituch ersetzt. Dieses 15 bis 25 mm starke Gummituch hat den Vorteil, daß die gegen das Messer drückende Unterlage noch nachgiebiger und anschmiegender ist als eine mit einem festen Gummiüberzug versehene Walze und daher einen gleichmäßigeren Aufstrich ermög-

licht. Gleichzeitig hat man die senkrechte oder nur wenig geneigte Stellung des Streichmessers verlassen und das Messer viel stärker gegen die Streichrichtung geneigt (Abb. 563).

Sehr großen Einfluß auf die Gleichmäßigkeit und die Dicke des Aufstrichs hat die Stellung und der Druck des Streichmessers. Die Aufstrichdicke darf nicht zu groß sein, weil der Aufstrich sonst beim Überleiten über den Heiztisch nicht trocken wird, es sei denn, daß man die Bahngeschwindigkeit stark verringert. Die Heiztemperatur kann aber auch nicht willkürlich gewählt werden, da sie ebenfalls großen Einfluß auf den Ausfall des Fertigprodukts hat. Sie ist einzig und allein abhängig von der Art der verwendeten Lösungsmittel bzw. deren Siedepunkt. Zu hohe Heiztemperatur würde in dem noch nicht getrockneten Aufstrich unfehlbar Blasen oder sogenannte Nadelstiche hervorrufen. Die Heizung ist jedenfalls so zu bemessen, daß das gestrichene Gewebe beim Verlassen des Heiztisches vollständig durchgetrocknet ist.

Die Heiztische sind heute fast durchweg völlig eingekapselt, einmal um das Arbeitspersonal vor den Lösemitteldämpfen zu schützen, zum andern aber auch, um die Lösungsmittel aus den Dämpfen wiederzugewinnen; nur am vorderen und hinteren Teil der Kapselung sind schmale Ein- und Austrittsschlitze gelassen. Die Wiedergewinnung der Lösemittel kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen; diesbezüglich wird auf den betreffenden Abschnitt »Rückgewinnung« verwiesen. Jedenfalls ist heute eine Gummistreicherei ohne Wiedergewinnung der Lösungsmittel in wirtschaftlicher Hinsicht nicht mehr denkbar.

Die über dem Heiztisch verdampfenden Lösungsmittel bergen eine gewisse Explosionsgefahr in sich, da das Dampf-Luftgemisch, wenn dessen mengenmäßige Zusammensetzung in den Explosionsbereich fällt, überaus explosibel ist und schon ein kleiner Funke genügt, um es zur Entzündung zu bringen. Elektrische Funken und Entladungen entstehen aber gerade bei der Kunstlederfabrikation durch Reibung der Gewebbahn an den Walzen der Maschine sehr leicht und häufig. Daher erfordert die Streicherei größte Vorsicht und entsprechende Maßnahmen zur funkenlosen Ableitung der elektrischen Aufladung oder sogar möglichst zur Verhinderung einer solchen; diese erstrecken sich hauptsächlich auf gute leitende Erdverbindung sämtlicher angetriebenen und mitlaufenden Metallwalzen und möglichste Verminderung der Reibung zwischen gestrichener Stoffbahn und den Walzen.

Die Streichtechnik selbst ist reine Erfahrungssache; die Form und Dicke des Streichmessers und seine Stellung zur Stoffbahn sind ausschlaggebend auf die Gleichmäßigkeit und Dicke des Aufstrichs, haben aber auch Einfluß auf die Qualität des ganzen Fertigprodukts. Es ist

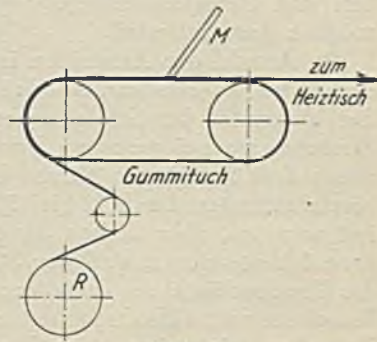


Abb. 563



überaus wichtig, daß der unterste (erste) Kautschukaufstrich sehr fest auf dem Gewebe haftet und dem ganzen Film genügende Bindung mit der Unterlage verleiht. Aus diesem Grunde wird für die ersten Striche (Grundierung) eine etwas dünnflüssigere Streichmasse angesetzt als für die folgenden, und die normale Warengeschwindigkeit muß soweit verringert werden, daß die Streichlösung vor dem Trocknen genügend Zeit hat, etwas in das Gewebe einzudringen, ohne aber bis auf die Rückseite durchzuschlagen. Dieses Durchschlagen vermeidet man auch durch die Verwendung eines schmalen, scharfen Streichmessers zum Grundieren.

Die Gewebe für jede Art Kunstleder sollen dicht und elastisch sein. Man benutzt fast ausschließlich Baumwollgewebe, die in ganz seltenen Fällen weiß bleiben, meist aber mit substantiven Farbstoffen in der Farbe des Lederersatzes gefärbt werden. Sie dürfen keine Knoten oder sonstige Webfehler enthalten und müssen vor dem Gummieren gründlich getrocknet werden, weil sonst eine innige Bindung zwischen Kautschukfilm und Gewebeunterlage ungemein erschwert, wenn nicht ganz unmöglich gemacht wird.

Die Anzahl der Aufstriche ist abhängig von der Qualität des zu erzeugenden Kunstleders, von der Dicke der einzelnen Aufstriche und von der Viskosität der Streichmasse. Unter Verwendung einer sehr dicken Streichmasse bei geringem Druck des Streichmessers kann man schon durch drei Striche die gleiche Filmdicke erzielen wie bei dünnflüssigen Streichlösungen durch 12 bis 15 Striche. Es ist natürlich wirtschaftlicher, mit wenigen, aber dicken Strichen zu arbeiten, aber es wurde schon darauf hingewiesen, daß der Streichdicke der einzelnen Striche durch die Trockenlänge des Heitzisches eine gewisse Grenze gesetzt ist. Um Blasen zu vermeiden, reguliert man die Heizregister so, daß der vordere Teil des Heitzisches beim Eintritt der gestrichenen Bahn niedrigere Temperatur hat und diese nach hinten ansteigt.

Die Arten der Streichmassen weichen ganz erheblich voneinander ab und man arbeitet nach zwei prinzipiell verschiedenen Methoden: 1. Mit Streichmassen aus Latex oder Latexkonzentrationen und 2. mit Lösungen von Kautschuk in Benzol, Benzin oder anderen Lösungsmitteln.

In die erste Gruppe gehört die Verarbeitung von Revertex zu Kunstleder, die an anderer Stelle beschrieben ist. Durch den Wegfall von besonderen Lösungsmitteln verbilligt und vereinfacht sich nicht nur die ganze Fabrikation, sondern es ist bei der Verarbeitung auch jede Feuer- und Explosionsgefahr vermieden. Dieses Verfahren ist das wirtschaftlichste und aussichtsreichste.

Beim Streichen mit gelösten Kautschukmassen geht man von Paragummi aus, der in Benzin, Benzol oder anderen geeigneten Lösungsmitteln oder Lösungsmittelgemischen gelöst wird. Die Verwendung von Benzol vermeidet man meist ganz, da dessen Dämpfe auf das Arbeitspersonal schädigend einwirken; wenn jedoch die Streich- und Trockenmaschine gut gekapselt ist oder die Dämpfe abgesaugt werden, kann es wenigstens als Zusatz zu anderen Lösungsmitteln dienen, zumal es Kautschuk sehr gut löst. Zumeist löst man aber den vorher mastizierten und mit den Füll- und Farbstoffen vermischten Kautschuk in Benzin, das für

das Arbeitspersonal weit weniger schädlich ist als Benzol und auch in wirtschaftlicher Beziehung Vorteile bietet.

Bei den vielen Variationen der Streichtechnik, die fast in jeder Fabrik anders ausgeübt wird, und dem verschiedenen Verhalten der Kunstledersorten ist es nicht angängig, eindeutige Rezepte für eine Streichmischung anzugeben; diese müssen sich stets aus der Praxis ergeben, wobei natürlich auch der Verwendungszweck des Lederersatzes und nicht zuletzt auch die Möglichkeit der Narbenpressung hinsichtlich Geschmeidigkeit und Elastizität berücksichtigt werden muß. Zum Färben der Kautschukmasse werden ausgesucht lichtechte Pigmentfarben beigemischt, die ein gutes Deckungsvermögen besitzen sollen. Es sind in der Hauptsache die gleichen Farben, die auch bei der Herstellung des Nitrocellulosekunstleders Verwendung finden, also z. B. Eisenrot und Eisenbraun in verschiedenen Farbtönen. Ultramarin, Chromgrün, Ruß, Zinkweiß, Lithopone u. a. Farbstoffe haben sich zum Färben von Kunstleder nicht bewährt, da die Lichtechtigkeit und die Deckfähigkeit für diesen Zweck nicht ausreicht. Außer den Pigmentfarben enthält die Streichmischung zum Zwecke der Warmvulkanisation noch Schwefel, Zinkoxyd und Beschleuniger. Das Lösen der auf der Walze hergestellten Mischung in Benzin erfolgt in starken Rühr- oder Knetwerken im Verhältnis 1 : 3 bis 1 : 6, je nach der Eigenart der vorhandenen Streicheinrichtung bzw. der Trockenlänge des Heitztisches. Um Unebenheiten des gestrichenen Gewebes zu beseitigen, schaltet man zwischen den Streichprozeß ein- oder mehrmaliges Passieren eines ungeheizten Glättkalenders ein. Wenn der aufgestrichene Kautschukfilm die erforderliche Dicke besitzt, wird die Gewebbahn von der Streichmaschine abgenommen und im Gaufrierkalender (siehe weiter unten) weiterbehandelt und lackiert.

### Das Friktionsverfahren

Abweichend von dem beschriebenen Streichverfahren kann man Kautschuk-Kunstleder auf billigere und gefahrlose Art nach dem Friktionsverfahren dadurch herstellen, daß man zuerst eine billige Kautschukmischung, die in diesem Falle nicht in einem Lösungsmittel gelöst ist, mittels eines Friktionskalenders auf das Gewebe aufträgt. Die beiden Walzen des Kalenders haben für diesen ersten Auftrag etwas verschiedene Geschwindigkeit, wodurch die Kautschukschicht nicht nur aufgewalzt, sondern zum Teil in das Gewebe hineingedrückt wird. Diese Vorgrundierung ist unbedingt notwendig, um eine genügende Verankerung des ganzen Kautschukfilms auf dem Gewebe herbeizuführen. Es ist aber außerordentlich wichtig, daß die verschiedene Geschwindigkeit der Walzen für diesen Zweck gerade so bemessen wird, daß der friktionierte Kautschukfilm nicht ganz im Gewebe verschwindet oder bis auf die Rückseite desselben hindurchgedrückt wird. Man benutzt für diese Grundierung natürlich keine hochwertigen teuren Mischungen, da sie ja nur als Bindeglied zwischen Gewebe und eigentlichem Kunstlederfilm fungiert und von letzterem doch vollkommen verdeckt wird.

Man kann übrigens diese Grundierung auch auf der Streichmaschine mit gelösten Kautschukmassen vornehmen und genügen hierfür ein bis



zwei Striche. An die Gewebe sind dieselben Ansprüche zu stellen wie beim Streichverfahren.

Das entweder nach dem Streichverfahren oder nach dem Friktionsverfahren vorgrundierte Gewebe wird dann im Kalander bei gleichlaufenden Walzen mit einem Kautschukfilm (100 bis 300 g/qm) belegt. Die zum Belegen dienende Kautschukmischung enthält wie die Streichmasse neben Kautschuk Pigmentfarben, Regenerat, Schwefel, Zinkweiß und Beschleuniger; mitunter mischt man zwecks Verbilligung der Mischung noch Füllstoffe bei, die indessen nicht ohne Einfluß auf die Qualität des Lederersatzes sind. Die Auswahl geeigneter Pigmentfarben setzt reiche Kenntnis voraus, da die Farben sich bei der Vulkanisation in keiner Weise verändern, aber auch den Kautschukfilm in seinen Eigenschaften nicht ungünstig beeinflussen dürfen.

Besonders geschmeidige Kunstlederfilme soll man nach dem D. R. P. 501 718 durch Kautschukmischungen erhalten, die Farbstoffe neben Titandioxyd enthalten. Mehrere Patente, unter anderem das Amerikan. Pat. 1 787 680, suchen eine erhöhte Festigkeit des Kautschukfilms durch Zusatz von Fasern aller Art zur Kautschukmischung anzustreben.

**Die Gaufrage.** Das mit der Kautschukmischung gestrichene oder im Kalander belegte Gewebe hat eine glatte Oberfläche, die vorläufig nur durch ihre Farbe an Leder erinnert. Die charakteristischen Merkmale des Leders, die Narbung, verleiht man dem Kunstleder durch scharfe Pressung in sogenannten Gaufrierkalandern, wobei die Gewebbahn zwischen einer mit dem betreffenden Dessin gravierten Stahlwalze und einer dazu passenden Hartpapierwalze unter hohem Druck durchgeführt wird und dabei das Narbendessin annimmt. Die Prägung ist allerdings bei Kautschukkunstleder nie so charakteristisch und dauerhaft wie bei Nitrocellulosekunstleder, weil sie infolge der hohen Elastizität des Kautschukfilms stets wieder etwas zurückgeht. Die Haltbarkeit der Narbe steht in engem Zusammenhang mit der Zusammensetzung der Kautschukmischung; auch die Abstimmung des eigentlichen Kunstlederfilms auf die Grundierung hat hierauf großen Einfluß.

Die Gaufrierkalander werden mit starrem Spindeldruck oder mit elastischem Hebel- oder hydraulischem Druck ausgestattet und sind mit auswechselbaren Dessinwalzen versehen. Die gravierte Stahlwalze hat zwecks Heizung mit Dampf eine durch die ganze Länge gehende Hohlbohrung.

Um auf Kautschukkunstleder eine einigermaßen haltbare Prägung zu erzielen, darf die Prägegeschwindigkeit im Kalander nicht zu groß sein; man geht kaum über 6 m/min hinaus. Der Druck muß natürlich sehr hoch und die Temperatur der geheizten Stahlwalze der Kautschukmischung angepaßt sein. Keinesfalls darf die Stahlwalze mit ihren manchmal scharfen Erhöhungen den Kautschukfilm durchschneiden.

Um zweifarbige Effekte auf Kautschukkunstleder hervorzubringen, streicht man den bereits geprägten Lederersatz gemäß D. R. P. 368 019 nach dem Gaufrieren abermals in der Streichmaschine, aber mit einer anders gefärbten Streichmasse. Wird hierbei der Druck des Messers

genügend hoch genommen, so setzt sich die Streichmasse nur in die Vertiefungen der Narbe, während die Erhöhungen in der ursprünglichen Farbe bestehen bleiben. Nach dieser Methode erzeugt man die bekannten Antikeffekte bei der Kunstlederfabrikation.

**Das Lackieren.** Anschließend an die Gaufrage bzw. an das Zweifarbigstreichen folgt die Lackierung. Trotz der Narbenprägung besitzt das Kautschuk-Kunstleder noch nicht ganz das Aussehen echten Leders; es fehlt noch ein gewisser Glanz. Auch die Oberfläche ist noch nicht reibfest genug. Man versieht deshalb den geprägten Kautschukfilm mit einem Lacküberzug, der ihm diese Eigenschaften verleihen soll. Nitrocellulose kommt als Lack hierzu deshalb nicht in Frage, weil zwischen ihr und dem Kautschukfilm nie eine innige Bindung eintritt und der Überzug zu leicht abblättern würde. Dagegen verwendet man meist Öllacke oder Lacke aus Mineralrubber und Hartharzen, die in dünner Schicht auf dem Kautschuk-Kunstleder ausgebreitet werden. Auf alle Fälle müssen die Lacküberzüge außerordentlich geschmeidig sein und diese Geschmeidigkeit auf lange Zeit beibehalten.

Der Auftrag der Lackschichten erfolgt in der oben beschriebenen Streichmaschine; der Ölfirnis trocknet aber natürlich über dem kurzen Heitzisch nicht. Man führt deshalb das lackierte Kunstleder unmittelbar von der Streichmaschine zu großen, in geschlossenen, ventilierten Heizkammern befindlichen Gehängen, in denen es bis zur vollständigen Trocknung (24 bis 48 Stunden) der Einwirkung heißer Luft ausgesetzt und dabei gleichzeitig vulkanisiert wird. An sich könnte man Kautschuk-Kunstleder auch auf kaltem Wege vulkanisieren, doch ist es vorteilhafter, die Warmvulkanisation mit der Trocknung des Öllackes zu verbinden.

Wie aus den bisherigen Ausführungen zu entnehmen ist, haben sowohl das Nitrocellulose- wie das Kautschuk-Kunstleder ihre ganz speziellen Vorzüge und Eigenschaften, die sie für den einen oder anderen Verwendungszweck besonders prädestinieren. Bei der Nitrocelluloseware ist es insbesondere die hervorragend schöne, täuschend lederähnliche Oberfläche, beim Kautschukprodukt die außerordentlich hohe Geschmeidigkeit und Biegsamkeit. Man hat nun versucht, beide Rohmaterialien (Kautschuk und Nitrocellulose) zu kombinieren und damit ein Kunstleder zu erzeugen, das alle Vorzüge beider Materialien in sich vereinigt. Derartige Produkte, soweit sie bisher überhaupt in den Handel kommen, werden fast durchweg im Streichprozeß hergestellt, da die kombinierten Lösungen mehr oder weniger leichtflüchtige Lösungsmittel enthalten. Es ist nun nicht leicht, kombinierte Lösungen herzustellen, die Kautschuk und Nitrocellulose zugleich gelöst enthalten und zu einem homogenen Film aufzutrocknen. Indessen hat aber gerade ein derart kombiniertes Kunstleder so gute Aussichten, daß dieses Problem, wie die Patentliteratur zeigt, von vielen Seiten bearbeitet wurde.

Nach D i t m a r erhält man unter Verwendung von Hexalin als Lösungsmittel aus Kautschuk und Celluloid Mischungen, die sich beim Auftrocknen nicht abscheiden und jeden Grad der Elastizität zu erzeugen



erlauben. Unter Mitverwendung von Hexalin soll man sogar aus Kautschuk-Benzinlösungen und Lösungen von Celluloid in Amylacetat homogen auftrocknende Mischungen darstellen können. Es sind wenige brauchbare Lösungsmittel bekannt, die sowohl Nitrocellulose wie Kautschuk zu lösen vermögen. Das D. R. P. 428 058 und das E. Pat. 241 858 schlagen als gemeinsames Lösungsmittel die Ester des Tetrahydronaphthols, insbesondere Tetrahydronaphtholacetat, vor; mit dem gleichen Problem befaßt sich auch das D. R. P. 433 656. Gemäß dem D. R. P. 437 078 vermischt man Nitrocellulose- oder Celluloidlösungen mit Lösungen von rohem oder vulkanisiertem Kautschuk in Rizinusöl oder Estern der Rizinusölsäure bzw. deren Nitrierungs- oder Acetylierungsprodukten. In dem E. Pat. 305 745 sind als gemeinsame Lösungsmittel für Kautschuk und Cellulosederivate die Hydrierungsprodukte von aromatischen Kohlenwasserstoffen oder Oxyverbindungen, ihre Isomeren oder Ester angegeben. Die Herstellung von Nitrocellulose-Kautschuklösungen niedriger Viskosität unter Verwendung eines leicht flüchtigen Esters der Acrylsäure-Reihe, z. B.  $\alpha$ -Crotonsäureäthylester, beschreibt das D. R. P. 511 477.

Auch gewisse Adipinsäureester, insbesondere der Methylcyclohexylester der Methyladipinsäure, der unter der Bezeichnung Sipalin M O M durch die Deutschen Hydrierwerke A.-G. in den Handel gebracht wird, haben lösende Eigenschaften sowohl für Kautschuk wie für Nitrocellulose und können zur Herstellung kombinierter Lösungen herangezogen werden.

Zu dem gleichen Zweck wurde auch die Herstellung von Acetylcellulose-Kautschukfilmen versucht, doch bietet diese Kombination noch erheblich größere Schwierigkeiten. Das Franz. Pat. 497 744 schlägt hierfür Tetrachloräthan als Lösungsmittel vor, während das E. Pat. 129 630 für den gleichen Zweck allgemein Chlorkohlenwasserstoffe angibt. D i t m a r stellt kombinierte Acetylcellulose-Kautschukmischungen mittels Hexalin her, indem er die Lösungen in einer Kolloidmühle behandelt.

Bedeutend einfacher und sicherer als die Mischung von Kautschuklösungen in organischen Lösungsmitteln mit Celluloseesterlösungen gelingt die Vereinigung von Latex bzw. Revertex mit Cellulose in Form von Cellulosexanthogenat (Viskose) oder von Kupferoxydammoniaklösung. Wässrige Viskoselösung läßt sich ohne weiteres in Latex oder Revertex einrühren und diese Mischung bildet eine hervorragende Streichmasse, die in normalen Spreadingmaschinen auf Gewebbahnen aufgestrichen werden kann. Allerdings ist meist eine Verlängerung des Heitzisches erforderlich, um die gestrichene Ware genügend durchtrocknen zu können. Den Aufstrich aus Viskose-Latex setzt man zwecks Regenerierung der Cellulose der Einwirkung eines sauren Gases, z. B. Schwefeldioxyd, aus. Eine derartige Gewebeimprägung ist in der E. Patentschrift 350 358 beschrieben. An Stelle eines sauren Gases kann man zur Regenerierung der Cellulose gemäß dem österr. Pat. 43 334 auch Hitze, Mineralsäuren, Ammoniumsulfat u. a. auf das Gemisch einwirken lassen.

Das D. R. P. 262 552 nimmt schon die Bildung der Viskose in Gegen-

wart von in Schwefelkohlenstoff gelöstem Kautschuk vor, während man nach dem Franz. Pat. 415 996 zu einer ammoniakalischen Kupferoxyd-celluloselösung eine Lösung von Kautschuk in Benzin zufügt und die Mischung nach dem Verarbeiten durch Einwirkung von Schwefelsäure, Sodalösung oder dergl. unlöslich macht.

Viskose-Kautschukaufstriche müssen nach dem Streichprozeß, wie in allen Patenten angegeben, einer besonderen Behandlung durch Hitze, Säuren, Ammoniumsulfat oder dergl. unterworfen werden, wobei der Film wasserunlöslich wird. Trotzdem sind sie nicht ganz so wasserunempfindlich wie Celluloseesterfilme und deshalb ist die Verwendung derartigen Kunstleders auch meist auf solche Gegenstände beschränkt, die nicht der Witterung und dem Regen ausgesetzt sind.

In den kombinierten Celluloseester-Kautschukfilmen fungiert der Kautschuk gewissermaßen als Plastifikator und bietet als solcher gegenüber flüssigen Weichmachern den Vorzug, nicht aus dem Film auszuschwitzen und trotzdem beliebig elastische Filme zu ermöglichen. Indessen sind die Erfahrungen mit dem kombinierten Cellulose-Kautschuk-Kunstleder noch nicht umfangreich genug, um schon ein abschließendes Urteil über diese Produkte abgeben zu können.

Das **dublierte Kunstleder** ist eine Erweiterung des normalen Nitrocellulose-Kunstleders und gehört ebenfalls in die Rubrik der Lederersatzprodukte mit deutlich geschichtetem Aufbau. Der Nitrocellulosefilm des Kunstleders ist bekanntlich gegen Witterungseinflüsse nicht sehr beständig und wird bei langer intensiver Sonnenstrahlung hart und brüchig und wird von zahllosen Rissen durchzogen; dadurch ist die Wasserundurchlässigkeit des Kunstleders in Frage gestellt und aus solchem Kunstleder hergestellte Autoverdecke halten dann nicht mehr dicht. Um trotz der Zerstörung des Nitrocellulosefilms die Wasserdichtigkeit des Kunstleders zu bewahren, wurde das dublierte Kunstleder geschaffen, das aus dem eigentlichen Nitrocellulosekunstleder, einem Kautschukzwischenfilm und dem sogenannten Unterstoff besteht. Zwischen dem Kunstledergewebe und dem Unterstoff befindet sich eine zusammenhängende Zwischenschicht aus Kautschuk, die beide Gewebe zusammenklebt und auf alle Fälle unbedingte Wasserundurchlässigkeit gewährleistet, auch wenn der Kunstlederfilm ganz zerstört ist. Das dublierte Kunstleder findet eben wegen dieser Eigenschaft hauptsächlich zu Autoverdeckzwecken Verwendung.

Das als Unterstoff verwendete Gewebe wird je nach dem Gebrauchszweck des dublierten Kunstleders in entsprechender Stärke ausgesucht. Man benutzt für Verdecke starke und dichtgewobene Stoffe, während man für Autokühlerhauben dicke aufgeraute Gewebe oder Filz vorzieht und damit der Haube gute wärmeisolierende Eigenschaften verleiht. Nach anfänglichen Versuchen, die klebende wasserdichte Zwischenschicht aus allen möglichen Bindemitteln zu erzeugen, ist man in der Praxis immer wieder auf Kautschuk zurückgekommen, weil der Zwischenfilm geschmeidig und elastisch sein muß, um das Kunstleder durch den Dublierprozeß nicht steif und schwer faltbar zu machen.



Die Kautschukschicht kann man im Kalandar auf die Rückseite des Kunstleders aufbringen und den Unterstoff vor der Vulkanisation unter genügendem Druck aufpressen. Man arbeitet aber meist nicht nach diesem Verfahren, sondern streicht Kautschuklösungen in der Spreadingmaschine auf die Kunstlederrückseite; vor dem vollständigen Trocknen des Aufstrichs, solange er noch klebrig ist, wird der Unterstoff durch Dagegenpressen aufgeklebt und dann die Kautschukschicht vulkanisiert. Besonders die sogenannten Verdeckstoffe, die keine Kunstlederausstattung besitzen und das Obergewebe unverdeckt zeigen, werden auf diese Art erzeugt. Die Verarbeitung von Nitrocellulosekunstleder nach dieser Methode bringt jedoch Erscheinungen mit sich, die sich häufig im Klebrigwerden der Kunstlederoberfläche äußern. Die Lösungsmittel der Gummistreichmasse sind ebenfalls gute Löser für die Weichmachungsmittel des Kunstlederfilms und durchdringen daher nach dem Aufstreichen der Kautschukmasse den ganzen Nitrocellulosefilm. Beim nachträglichen Verdampfen werden die Lösungsmittel an die Filmoberfläche getrieben und nehmen hierbei einen Teil der Weichmacher mit sich, die nach Verflüchtigung der Lösungsmittel zum Kleben der Kunstlederoberfläche Veranlassung geben oder dieser einen fettigen Griff mitteilen. Dies kann man bei vielen dublierten Kunstlederqualitäten des Handels beobachten. Aus diesem Grunde ist man neuerdings zu dem Revertexverfahren übergegangen, wobei als filmbildendes Material das wässrige Latexkonzentrat »Revertex« dient; bei dieser Methode werden gar keine organischen Lösungsmittel gebraucht und der Dublierprozeß hat daher keinen Einfluß auf den Kunstlederfilm. Dazu kommt, daß die Verarbeitung von Revertex einfacher ist und billiger zu stehen kommt als das Streichen mit Kautschukbenzol- bzw. -benzinzlösungen und mangels irgendwelcher brennbarer Lösungsmittel keine Feuers- oder Explosionsgefahr in sich birgt.

Beim Dublieren ist besonderer Wert darauf zu legen, daß der Kautschukaufstrich auf der Rückseite des Kunstleders keine Löcher oder Unterbrechungen aufweist und eine genügende Dicke besitzt, um unbedingte Wasserundurchlässigkeit zu gewährleisten. Bei der hohen Konzentration des Revertex braucht man zu diesem Zweck doch nicht sehr dick zu streichen, weil auch dünne Revertexaufstriche nach dem Trocknen verhältnismäßig dicke Kautschukschichten hinterlassen. Man streicht stets auf der Rückseite des Kunstleders, weil der darauf befindliche Nitrocellulosefilm ein Durchschlagen der Revertexstreichmasse unbedingt verhindert, auch wenn unter starkem Druck des Streichmessers gestrichen wird. Ein einziger Aufstrich genügt immer zur Erzielung eines hinreichend dicken Kautschukzwischenfilms. Dem Zweck des Dublierens entsprechend muß eine innige, möglichst schwer lösbare Verbindung des Kunstleders mit dem Unterstoff angestrebt werden; man erreicht dies am besten durch geringen Zusatz eines Netzmittels (z. B. Nekal) zur Revertexstreichmasse, die dadurch sowohl beim Aufstreichen als auch beim Andrücken des Unterstoffes besser und rascher in die Gewebefaser eindringen kann und sich infolgedessen inniger mit ihr verbindet.

Als Dublierstreichmasse hat sich folgende Mischung gut bewährt:

Revertex . . . . .	10 kg
Zinkweiß . . . . .	800 g
Schwefel . . . . .	160 g
Vulkacit 774 . . . . .	16 g
Nekal BX . . . . .	80 g

Zum Anteigen von Zinkweiß, Schwefel und Vulkacit nimmt man 2 Liter Wasser, in dem zuvor das Nekal aufgelöst wurde. Diesen Teig gibt man unter Umrühren langsam zu dem Revertex und läßt die Mischung eine Trichtermühle passieren. Unmittelbar hinter dem Streichmesser wird der Unterstoff kantengleich auf dem Aufstrich abgerollt und durch ein Druckwalzenpaar aufgepreßt. Bei Verwendung der gewöhnlichen Spreadingmaschine mit angebautem Heitztisch erfolgt die Trocknung und die Vulkanisation beim Passieren des Heitztisches; es ist aber

viel vorteilhafter, das gestrichene und mit dem Unterstoff belegte Kunstleder zwecks Trocknung und Vulkanisation um eine Heitztrommel herumzuführen. Eine solche Streichmaschine mit Abrollvorrichtung für den Unterstoff und angeschlossener Heitztrommel ist in Abbildung 564 schematisch dargestellt. Die Gaufrage des Kunstleders wird normalerweise erst nach dem Dublierprozeß vorgenommen; dies hat verschiedene Vorteile, u. a. wird durch den starken Druck des Gaufrierkalenders die Verbindung zwischen den beiden Geweben noch inniger.

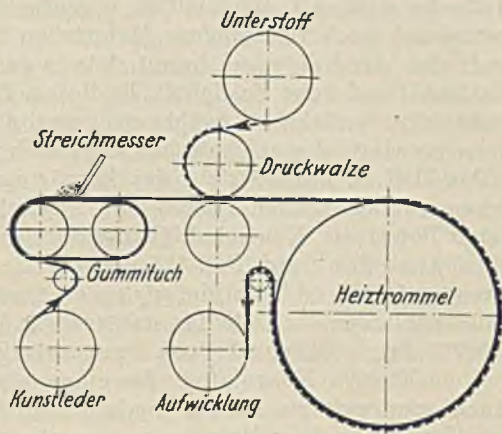


Abb. 564

**Wildlederersatz** imitiert nur die schöne typische Oberfläche des echten Wildleders, besitzt aber die sonstigen Eigenschaften des Echtleaders nicht und dient deshalb nur für reine Dekorationszwecke. Das Produkt besteht ebenfalls aus einem als Unterlage dienenden Gewebe (für ganz geringe Ansprüche auch Papier) mit darauf befindlicher Klebeschicht und aufgestreutem, den Wildledereffekt imitierendem Faserstaub. Die Fabrikation von Wildlederersatz lehnt sich sehr eng an die in einem besonderen Abschnitt beschriebene Herstellung von Kunsttuch an. Als Aufstreumaterial dienen die verschiedenartigsten zerkleinerten Fasern, so insbesondere Lederfasern, Ledermehl, Korkmehl, Holzmehl u. a., die imstande sind, die eigentümliche samtartige Oberfläche hervorzubringen. Die Verwendungsgebiete für Wildlederersatz, der an sich nicht sehr haltbar ist, sind natürlich viel beschränkter wie für Kunstleder.



## 2. Kunstleder aus Faser-Bindemittelgemischen

Im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Lederersatzprodukten auf Gewebeunterlagen wird bei den Faser-Bindemittelmaterialien weniger Wert auf lederimitierende Oberfläche als vielmehr auf einen hinreichenden Ersatz der Eigenschaften von Echtleder gelegt, also auf hohe Reißfestigkeit, Dicke und Beständigkeit der Schichten. Die Patenlliteratur über dieses Gebiet ist überaus reichhaltig und es wäre unmöglich, hier auf alle vorgeschlagenen Verfahren einzugehen. Man kann wiederum zwei Gruppen aufstellen, die sich prinzipiell durch ihre Erzeugungsmethoden voneinander unterscheiden. Die erste Methode geht von Faservliesen aus, die mit irgendwelchen Materialien imprägniert und gefestigt werden, während bei dem zweiten Verfahren lose Fasern in Bindemittel eingearbeitet werden und diese Mischung zu Platten oder Bahnen gepreßt bzw. ausgewalzt wird. Sowohl bei der ersten wie bei der zweiten Methode wird als Bindemittel vorzugsweise Kautschuk verarbeitet, wengleich auch viele andere Materialien hierzu vorgeschlagen worden sind; aber der Kautschuk bringt stets in das Fertigprodukt eine gewisse Elastizität und hohe Festigkeit. In diesem Zusammenhang sollen nur die wichtigsten Verfahren Erwähnung finden, die ausschließlich oder wenigstens vorwiegend von Kautschuk Gebrauch machen.

Das D. R. P. 216 899 sieht das Imprägnieren von Vliesen aus pflanzlichen oder tierischen Fasern mit Kautschuklösung und nachfolgende Behandlung mit Kautschukfällungsmitteln vor, während das D. R. P. 244 359 und das Franz. Pat. 415 359 von Filz ausgeht, der mit Kautschuklösung getränkt und das Material nach dem Trocknen vulkanisiert wird. Einen ähnlichen Weg wie das erstgenannte Verfahren schlägt das D. R. P. 426 895 durch Behandeln von Fasermaterial mit vulkanisiertem Latex und nachherige Koagulation desselben ein. Nach dem E. Pat. 22 111 taucht man verfilzte Fasern wiederholt in Kautschuklösung, wobei man den Tauchprozeß im Vakuum vornimmt und nachher Druckluft einwirken läßt; dadurch soll eine intensivere Imprägnierung des lockeren Fasermaterials ermöglicht werden. Das E. Pat. 250 623 empfiehlt als Imprägnierflüssigkeit für Fasermaterial mit Seifenlösung vermischten Latex, der nach dem Imprägnieren durch ein Koagulationsmittel, z. B. Alaun, ausgefällt wird. Das E. Pat. 232 763 und das Amerik. Pat. 1 526 984 befassen sich ebenfalls mit dem Imprägnieren von Faservliesen oder Fasermatten mit Kautschukmilch. Eine Abweichung erhält das Verfahren durch das Amerik. Pat. 1 843 372, nach dem mehrere Lagen von mit Kautschuk imprägnierten Fasermassen durch Kautschuklatex in der Weise verklebt werden, daß die äußeren Schichten weniger Kautschuk enthalten als die inneren Lagen.

Aus den zahlreichen Patentschriften zur Verarbeitung loser Fasern mit Kautschuk zu Lederersatz seien hier nur einige der wichtigeren herausgegriffen. Nach dem D. R. P. 240 727 trinkt man Lederabfälle mit einer Lösung von Altkautschuk in Benzol, preßt den Überschuß ab und formt das Material zu Platten. Die gemeinsame Verarbeitung von Fasern und Kautschuk zu Kunstleder beschreibt das E. Pat. 22 266. Gemäß dem

E. Pat. 360 371 werden gegerbte oder ungegerbte Häute oder Abfälle gewaschen und in Wasser zu einem Faserschlamm zerteilt, der durch ein schwaches Alkali teilweise entgerbt wird. Dann vermischt man den Faserschlamm mit Latex, fällt den Kautschuk durch ein Koagulationsmittel und läßt die Flüssigkeit durch ein Sieb ablaufen. Ganz ähnlich geht das E. Pat. 360 968 vor, das ebenfalls das Zerkleinern von Haut- und Lederabfällen zu einem Faserbrei vorsieht. Diesem Faserbrei werden noch 20% pflanzliche Fasern zugesetzt, mit Kautschuklatex versetzt und zuletzt wird der Kautschuk ausgefällt<sup>2</sup>; die erhaltene Masse wird in Formen zu Platten gepreßt. Das Franz. Pat. 438 138 empfiehlt, Lederabfälle und Kautschuk in einen Brei überzuführen, aus dieser Masse Blätter zu formen und diese in einer heißen hydraulischen Presse zu vulkanisieren. Auch das Franz. Pat. 459 440 sieht eine Mischung von Kautschuk und Fasern nebst anderen Zusätzen und Vulkanisation der Mischung vor. Nach dem Franz. Pat. 712 545 mischt man pflanzliche oder tierische Fasern mit Kautschuklösung und verdampft das Lösungsmittel beim Verarbeiten der Mischung auf einer Heißwalze. Im Amer. Pat. 1 065 691 wird zur Herstellung von Kunstleder ein Gemisch von Paragummi, regeneriertem Kautschuk, Schwefel und Baumwollfasern beschrieben. Dem Amer. Pat. 1 595 048/049 folgend, suspendiert man pflanzliche oder tierische Fasern in einem Kautschuklösungsmittel, vermischt mit einer Kautschuklösung und schlägt den Kautschuk durch ein Fällungsmittel nieder; die erhaltene Faser-Kautschukmischung kann zu Kunstleder verarbeitet werden. Nach dem Amer. Pat. 1 842 706 taucht man lockeres Fasermaterial in eine verdünnte Säure, preßt den Überschuß ab, wäscht kurz in Wasser und preßt abermals ab. Dann imprägniert man die Fasermasse mit einer Kautschukdispersion und verteilt die Masse nach dem Trocknen in Wasser zu einem Brei, der auf der Papiermaschine zu Kunstleder verarbeitet wird.

Manche der zahlreichen Patente gleichen sich fast völlig und weichen nur in Nebensächlichkeiten voneinander ab. Die vielen vorgeschlagenen Verfahren zeugen davon, daß in der Fabrikation von Lederersatz aus Fasermaterial gar keine Einheitlichkeit besteht; in der Tat wird in jeder Fabrik nach einer anderen Methode gearbeitet. Ob allerdings jedes Patent auch eine Verbesserung in der Herstellung oder des Fertigprodukts mit sich gebracht hat, muß dahingestellt bleiben.

Alle diese Verfahren, die das Echtleder unter Verwendung von Fasermassen und Bindemitteln zu imitieren versuchen, gehen von dem natürlichen Aufbau des Leders aus, das ebenfalls aus Fasern besteht, ja einige Methoden benutzen sogar Lederfasern selbst als Rohmaterial, die aus Lederabfällen gewonnen werden. Während aber das Bindemittel, in das die Fasern eingebettet sind, bei Echtleder aus Leim besteht, verwendet man für Lederersatz meist Kautschuk, der ein geschmeidiges Produkt gibt und gar nicht wasserempfindlich ist.

<sup>2</sup> Siehe auch den Abschnitt »Latex-Technologie«





# KUNSTVELOUR<sup>1</sup>

VON JEAN MARCONNET, MONTREUIL-SOUS-BOIS

Kunstvelour (tissue suédine) stellt eine Abart der Industrie gestrichener Stoffe dar. Diese Produkte wurden ursprünglich als Imitation von Hirsch- oder Gamsleder, Tuch und Velour eingeführt. Da jedoch ihr Herstellungs- und Verkaufspreis als verhältnismäßig billig angesehen werden muß, hat sich ihre Anwendung verallgemeinert und erweitert, um so mehr als ihre Herstellungskosten vom Marktpreis des Leders und der Gewebe, als deren Imitation sie Anwendung finden, weitgehend unabhängig sein dürften. Ihre Herstellung beruht prinzipiell auf der Befestigung, oder besser gesagt, der festhaftenden Aufbringung oder -klebung von Textilpulver auf Baumwollgewebe.

Zu Beginn dieser Fabrikation stand die Industrie der sogenannten »Blumengewebe« in Blüte, ein Stoff, der zur Konfektionierung künstlicher Blumen für Mode- oder Dekorationszwecke Anwendung fand. Damals waren die für die Fabrikation unumgänglich notwendigen Installationen denkbar primitiv, und es erübrigte sich eine spezielle apparative Einrichtung. Die zu behandelnden Gewebe wurden auf große Rahmen im Ausmaß von ungefähr  $2 \times 3$  m gespannt und die Arbeiter trugen auf dieses Gewebe mittels großer Pinsel eine Lage Leinölfarbe auf eine Oberfläche auf. Nach erfolgter Trocknung wurde ein zweiter Auftrag vorgenommen, der zur Befestigung des Textilpulvers dienen sollte. Dann stäubte ein Arbeiter mittels eines großen Siebes das Pulver auf die frischbestrichene Lage auf, während ein zweiter Arbeiter, zwecks Erzielung gleichmäßiger Verteilung, das gespannte Gewebe von unten mittels eines biegsamen Stabes klopfte. Auf dieser rudimentären Methode aufbauend, entstand die heute nicht unbedeutende Technik der Herstellung von Kunstvelour. Heute noch bewährt sich diese primitive Methode für Laboratoriumsversuche einwandfrei. Der größte Nachteil von »Blumengewebe«, das ausschließlich auf einer Leinölimprägnierung beruhte, war der völlige Mangel an Geschmeidigkeit. Die Steifheit des fertigen Kunstvelours hat seine Anwendungsmöglichkeiten stark eingeschränkt, bis der Gedanke gefaßt wurde, die erste Lage durch eine Schicht von vulkanisiertem Kautschuk zu ersetzen. Erst mit der Überführung dieses Gedankens in die Praxis wurde die eigentliche Industrie des Kunstvelours geboren. Sie hat durch Anwendung der auf dem Gebiet des gummierten Stoffe gemachten Erfahrungen und Fortschritte einen außerordentlich raschen Aufschwung genommen.

Auch der zweite Auftrag, der ursprünglich noch dazu diente, das Textilpulver auf der vulkanisierten Kautschukunterlage zu befestigen, wurde sehr bald durch eine Kautschuklösung ersetzt, die auf einer nunmehr nicht vulkanisierten Kautschukgrundlage aufgestrichen wurde. Nach erfolgter Fertigstellung des Gewebes wurde dann die Vulkanisation mittels Schwefelchlorür vorgenommen. Seit Einführung der Ultrabeschleuniger

<sup>1</sup> Übersetzt von E. A. Hauser



ist die Kaltvulkanisation immer mehr durch die Vulkanisation in heißer Luft ersetzt worden. In neuester Zeit haben die Fortschritte auf dem Gebiete der Stabilisierung und des Transportes von Latex auch seine erfolgreiche Verwendung auf dem Kunstvelourgebiet mit sich gebracht und dieser Entwicklung verdanken wir die Herstellung von Kunstvelour mit völlig neuen Eigenschaften. Derzeit werden noch alle Verfahren, die aufgeführt wurden, angewandt und sie ergeben Fertigprodukte verschiedenster Qualität und mit verschiedensten Eigenschaften, die jede ihre speziellen Anwendungsgebiete haben. Dem Sinn dieses Werkes entsprechend, und mit der Absicht, die folgenden Ausführungen so klar wie möglich zu machen, wollen wir uns vor allem mit der Herstellung des Kunstvelours (La Suédine) befassen, das ausschließlich auf Kautschukbasis aufgebaut ist.<sup>2</sup>

### Apparatives

Die Maschine (Abb. 565) besteht aus drei Hauptelementen.

1. Der Kopf, der für die Aufbringung der Klebschicht bestimmt ist.
2. Das Mittelstück, das der Aufbringung des Textilpulvers dient.
3. Das Schlußstück, das die Trocknung des gepuderten Gewebes bezweckt.

Der Kopf unterscheidet sich in keiner Weise von den Köpfen üblicher Streichmaschinen, wie sie für die Herstellung gummierter Gewebe An-

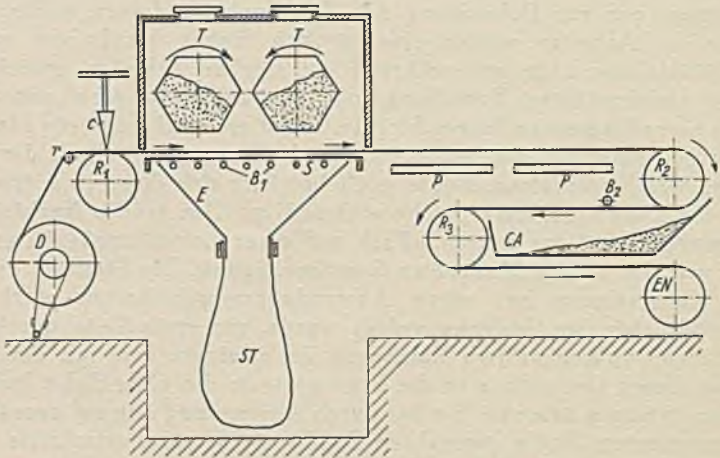


Abb. 565. Kunstvelourmaschine

wendung finden und besteht aus einem Streichmesser (C), einer Walze (R 1). Das Messer ist in seiner Höhe verstellbar, um das Aufbringen der Kautschuklösung in verschiedener Schichtdicke zu ermöglichen. Bevor das Gewebe unter dem Streichmesser hindurchgeführt wird, wird es

<sup>2</sup> Siehe auch Byam, S. G., Rub. Age (N. Y.) 32 (1932) S. 133

mittels einer kleinen Rolle (r) horizontal gerichtet, so daß die Gummilösung auf dem Gewebe nicht ablaufen kann. Die Abrollvorrichtung ist, wie bei Spreadingmaschinen üblich, mit einer Schleifbremse versehen, um die Spannung des Gewebes während seines Durchganges durch die Maschine regulieren zu können.

Das Mittelstück besteht aus zwei Verteilern für das Textilpulver (T). Dieselben bestehen aus einem Metall- oder Holzgerüst sechseckigen Querschnittes, dessen Flächen mit Metallsieben von ungefähr 1 mm Maschenweite bespannt sind. Die Verteiler (T) können sowohl gleichzeitig als auch einzeln in Betrieb genommen werden, um über die ganze Länge des zu bepudernden Gewebes eine einheitliche gleichmäßige Puderverteilung zu ermöglichen. Dies geschieht folgendermaßen: Zu Beginn werden beide Verteiler in Betrieb genommen, da das Pulver bei gefüllten Verteilern nur mit geringer Kraft gegen die Siebwände geschleudert wird, so daß das von einem Verteiler abgestreute Material zu gering wäre. Sobald die Verteiler schon geringere Pulvermengen enthalten, kann ein Verteiler stillgelegt werden bzw. man legt die Verteiler wechselweise still, um ihren Gehalt an Pulvermaterial dauernd gleichzuhalten. Gegen Schluß ist es wieder erforderlich, beide Verteiler in Betrieb zu nehmen, da dann die in einem Verteiler noch verbliebene Pulvermenge nicht mehr ausreichen würde. Das Gewebe wird bei seinem Durchlauf unter dem Verteiler über einen mit Seide oder noch besser mit Fäden (S) bespannten Rahmen geführt, gegen den die Stöße der Schlagelemente (B) geführt und auf das Gewebe übertragen werden. Die Schlagelemente können entweder biegsame Stäbe oder Seile sein. Durch die Erschütterung wird ein Teil des überschüssigen Pulvers von beiden Seiten des Gewebes abgeworfen werden; es wird in einen Sammeltrichter aufgefangen und in dem daran angeschlossenen Seidensack (St) gesammelt. Das Endstück besteht vornehmlich aus Heizelementen (P), der Zugwalze (R 2), der Umkehrwalze (R 3) und der Aufwickelwalze (EN). Zwischen den Walzen R 2 und R 3 bewirkt ein Schlagwerk (B 2) das Abfallen des nach der Trocknung noch überschüssigen Pulvers in die Sammelkiste (CA).

## Die Herstellung

So einfach die Herstellung von Kunstvelour im Prinzip erscheinen mag, so delikater ist sie in Wirklichkeit und erfordert größte Vorsicht, um fehlerhafte Fabrikation und dementsprechenden Abfall auf ein Minimum zu reduzieren. Wir werden daher im folgenden das Gewebe auf seinem Gang durch die Maschine verfolgen und hierbei die besonders zu beachtenden Punkte erörtern.

Die Kautschuklösung muß filtriert sein, da das nur sehr schwach gegen das Gewebe drückende Streichmesser Verunreinigungen nicht zurückhalten würde, die ihrerseits dann Streifen im Aufstrich verursachen. Das Textilpulver, das im Mittelstück der Apparatur zur Verwendung gelangt, darf keine Möglichkeit haben, sich auf der vor dem Streichmesser laufenden Gummilösung festzusetzen. Hierdurch würden sich Ungleich-





## Rezepte für die Herstellung von Kunstvelour auf Kautschuk- grundlage

Suédines, die im Schwefelchlorürdampf vulkanisiert werden

Sowohl der Grundstrich als auch die Haftschrift können dieselbe Zusammensetzung aufweisen:

### Graue Mischung:

Smoked sheet . . . . .	45
Weißer Faktis . . . . .	20
Kreide . . . . .	15
Lithopone . . . . .	10
Zinkoxyd . . . . .	10
Gasruß . . . . .	je nach Farbton

Die Lösung dieser Mischung muß natürlich für den Grundstrich anders angesetzt werden, als wie für die Haftschrift. Für den Grundstrich empfiehlt sich ein Verhältnis von 90 Teilen Lösungsmittel zu 100 Teilen Mischung, wohingegen für die Haftschrift ein Verhältnis von 280 Teilen Lösungsmittel zu 100 Teilen Mischung Anwendung finden sollte.

### Kunstvelour, heiß vulkanisiert:

#### Rezept 1

Smoked sheet . . . . .	50
Brauner Faktis . . . . .	10
Schwefel . . . . .	0,9
Tetramethylthiuramdisulfid . . . . .	0,4
Zinkoxyd . . . . .	5
Lithopone . . . . .	10
Kreide . . . . .	20,7
Farbstoff . . . . .	3
	<hr/>
	100,0

Vulkanisationsbedingungen: Anstieg auf 120° C in 45 Minuten, Heizung bei 120° C 25 Minuten. Diese Vorschrift soll dort Anwendung finden, wo man Heizschränke kleineren Ausmaßes benutzt, bei denen die Temperatur gleichmäßig gehalten werden kann und bei denen die Temperaturerhöhungen möglichst rasch erfolgen können.

#### Rezept 2

Smoked sheet . . . . .	60
Regenerat . . . . .	10
Paraffin . . . . .	0,25
Stearinsäure . . . . .	0,50
Schwefel . . . . .	0,63
Triäthyltrimethylentriamin . . . . .	1,50
Zinkoxyd . . . . .	12
Farbstoff . . . . .	2
Kreide . . . . .	13,12
	<hr/>
	100,0

Vulkanisationsbedingungen: Anstieg auf 125° C in 90 Minuten, Heizung bei 125° C 90 Minuten. Diese Vorschrift empfiehlt sich bei größeren



Heizschranken, bei denen die Erhaltung gleichmäßiger Temperatur schwierig ist. Die diesen Mischungen entsprechenden Lösungen sollen in folgendem Verhältnis angesetzt werden:

Für den Grundstrich: Auf 100 Teile trockene Mischung 150 Teile Lösungsmittel.

Für die Haftschrift: Auf 100 Teile trockene Mischung 400 Teile Lösungsmittel.

Selbstverständlich dürfen die angegebenen Verhältniszahlen nur als Richtlinien gelten, da Abänderungen entsprechend der Temperatur des Arbeitssaales, der Temperatur des Mischsaales und dem Grade der Vorwulzung des Kautschuks sich als notwendig erweisen können. Für die Vulkanisation wird das Gewebe in Falten, wie in der Textilindustrie üblich, auf ein Wägelchen gelegt, und in hermetisch verschließbare

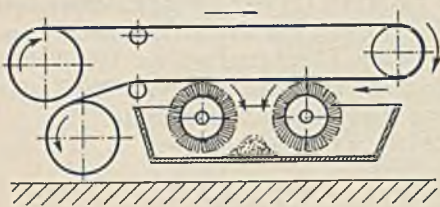


Abb. 567. Bürstenmaschine

Kammern verbracht, in denen die Vulkanisation, sei es durch Verdampfung von Chlorschwefel, sei es durch Heißluft, vorgenommen wird. Die Kaltvulkanisation ist entschieden heikler, da man ungefähr 350 ccm Chlorschwefellösung für je 200 m Gewebe von 130 cm Breite und mittlerer Dicke verdampfen muß. Dieses Verhältnis ist veränderlich, hängt doch vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft und der Dichte der Vulkanisationskammer ab. Das Gewebe verbleibt 40 Minuten im Chlorschwefeldampf, um dann im Ammoniakdampf neutralisiert zu werden. Nach dieser Handhabung wird das Gewebe gebürstet, und vor Verlassen der Fabrik einer genauen Durchsicht unterworfen.

Das Bürsten erfolgt auf einer einfachen Maschine, wie sie in Abb. 567 schematisch wiedergegeben ist.

#### Herstellung von Kunstvelour (Suédine) auf Latexbasis

Kautschukmilch läßt sich für die Herstellung von Kunstvelour einwandfrei verwenden. Wir wollen uns im folgenden nicht mit dem Aufbringen des Grundstriches auf Latexbasis befassen (siehe diesbezüglich den Abschnitt »Latex«), sondern uns auf die Verwendung von Latex als Haftschrift für das Textilpulver beschränken. Die Haftmischung setzt sich wie folgt zusammen:

Konzentrierter Latex mit einem Wassergehalt von nur 25%	50
Wasser	45
Kolloider Schwefel	1,10
Kolloides Zinkoxyd	1,80
Kaseinlösung 10proz.	1,74
Vulkacit CT	0,18
Vulkacit 774	0,18
	<hr/>
	100,00

Wegen der niederen Viskosität der Lösung läßt sich diese auf dem Gewebe nicht mit dem üblichen Kopf der Spreading-Maschine aufbringen, doch läßt sich dieser Kopf ohne Schwierigkeiten zweckentsprechend ergänzen (s. Abb. 568). Das Streichmesser C wird entfernt. Es werden zwei

kleine Führungswalzen ( $r_2$  und  $r_3$ ) angebracht und unterhalb der Walze R 1 ein Tauchbad befestigt. Der Latex wird auf die Oberfläche des Grundstriches aufgetragen, während das Gewebe das Tränkbad durchläuft. Etwaiger Überschuß gelangt in dasselbe zurück, während das Gewebe die Strecke a—b durchläuft. Wenn die Walze R 1 mit einem nicht zu harten Kautschukbezug versehen ist, genügt die Spannung des Gewebes, um dasselbe so fest an die Walze zu drücken, daß ein Eindringen der Latexmischung zwischen Gewebe und Walze vermieden wird, d. h. die Rückseite des Gewebes bleibt vollkommen sauber. Das besondere Interesse aber, daß die Herstellung auf

Latexbasis beanspruchen darf, ist die Möglichkeit der Fabrikation von wasserundurchlässigem Kunstvelour in einem Arbeitsgang bei einmaligem Durchlauf durch die Velourmaschine. Es genügt nämlich tatsächlich ein verhältnismäßig dicht gewebtes Calicot 20/20 (auf  $\frac{1}{4}$  Zoll), dessen Farbton möglichst genau der Farbe des anzuwendenden Textilpulvers entspricht. Man wendet dieselbe Latexhaftmischung, dieselbe Auftragsmethode wie oben erwähnt an und erhält ein Gewebe, dessen Festigkeit und Schmiegsamkeit beachtenswert ist.

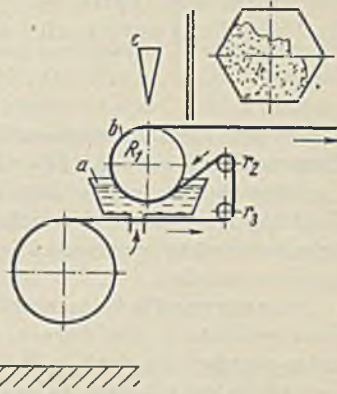


Abb. 568. Kopf der Velourmaschine bei Verwendung im Latex

### Kunstvelour auf Kautschukbasis mit einer Haftschiicht auf Basis Leinöl

Dieses Kunstvelour wird auf analogen Maschinen wie die soeben beschriebenen hergestellt, mit dem einzigen Unterschied, daß die Trockenzone in Fortfall kommt und das Gewebe die Maschine gemäß dem in Abb. 566 wiedergegebenen Schema verläßt. Das Gewebe erhält vor der Aufbringung des Velourstaubes einen Kautschukgrundstrich, der vulkanisiert wird. Auf diesen wird dann die Haftschiicht aus entsprechend gefärbter Leinölfarbe aufgetragen. Die großen Nachteile dieser Gewebe sind mangelnde Schmiegsamkeit und schlechte Alterung.

### Suédines fantaisies

Alle Kunstvelourarten, insbesondere die auf Basis Kautschuk, lassen sich bedrucken oder gaufrieren (narben). Der beste Druck läßt sich mit Kupferstichplatten erzielen, wobei die alkoholischen Farbstofflösungen in den Vertiefungen der Gravur niedergeschlagen werden. Um eine dauerhafte Narbung zu erzielen, ist es erforderlich, dieselbe vor der Vulkanisation vorzunehmen.



### Kunstvelour auf Papiergrundlage

Es sei hier nur der Vollständigkeit halber darauf hingewiesen, daß nach den gemachten Angaben auch Papier zu kunstvelourartigen Produkten verarbeitet werden kann. Als Haftmasse kommen hierfür aber nur Leinöl oder Latex in Frage, sofern das Papier keiner besonderen Vorbehandlung unterworfen werden soll.

### Textilpulver

Das am meisten angewandte Textilpulver ist Baumwollpulver, auch Baumwollstoß genannt. Die Qualität des Stoßes hat auf die Qualität des Fertigproduktes einen ungeheuren Einfluß. Obwohl die Industrie von Textilpulver außerordentlich spezialisiert ist und die Verfahren streng geheimgehalten werden, können im folgenden dennoch einige Ratschläge gegeben werden.

Das angewandte Rohmaterial ist gezupfte Baumwolle sowie sogenannte Baumwollinters. Die Fasern werden komprimiert und geschnitten. Mitunter werden sie auch in Reibmühlen verbracht, in denen die einzelnen Fasern aufgeteilt und aufgeschlossen werden. Hierauf wird das Fasermaterial einer physikalischen und einer chemischen Behandlung, abgesehen von der Färbung, unterworfen. Diese bestehen insbesondere in der Behandlung mit Wasserdampf, um eine Verfilzung der Fasern und die Bildung von Flocken zu verhindern, die die Siebe nicht passieren könnten. Ein guter Baumwollstoß ist durch folgende Eigenschaften charakterisiert:

1. Er muß ausgesprochen pulverförmig sein, d. h. er muß, dem freien Fall überlassen, wie Sand und nicht wie Schnee zu Boden sinken.
2. Er darf keine Feuchtigkeit aufnehmen, wie dies allgemein bei Baumwollfasern der Fall ist, da ein einmal naßgewordener Stoß nach der Trocknung hart wird und alle seine wertvollen Eigenschaften verliert.

Kunstseidestoß findet nur geringe Anwendung, da es außerordentlich schwierig ist, mit diesem Material feste Gewebe von der erforderlichen Gleichmäßigkeit zu erzielen. Echter Wollstoß findet noch weniger Anwendung, da die damit hergestellten Gewebe sich ausgesprochen knittrig anfühlen.

# KAUTSCHUKPFLASTER

VON DR. HANS W. ALBU, HAMBURG

## Definition

Pflaster sind für äußerliche Anwendung bestimmte Arzneizubereitungen, deren Grundmasse aus Bleiseifen, Fett, Öl, Wachs, Harz, Terpenin oder aus Mischungen einzelner dieser Stoffe besteht. Die Pflastermassen werden in geschmolzenem Zustand in dünner Schicht auf Stoff gestrichen (warmgestrichene Pflaster). Diese Pflaster sind bei gewöhnlicher Temperatur nicht klebend und müssen hierzu erst auf Körpertemperatur erwärmt werden. Die Art der Herstellung und der Gehalt an Bleiseife erlaubt es nicht, sämtliche gewünschte Arzneistoffe bei warmgestrichenen Pflastern zu verwenden.

## Geschichte

Als daher im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts in Amerika die Kautschukpflaster<sup>1</sup> entstanden, die den großen Vorteil haben, bereits bei gewöhnlicher Temperatur zu haften (Heftpflaster) und sich mit allen Medikamenten verarbeiten zu lassen (medikamentöse Pflaster), wurden in Deutschland ähnliche Versuche aufgenommen.

Ausgehend von den Salbenmullen hatte der Apotheker P. Beiersdorf 1882 Guttaperchapflastermulle (später Guttaplaste<sup>2</sup> genannt) hergestellt und sich ein Patent<sup>3</sup> zur Herstellung gestrichener Pflaster erteilen lassen. Diese wurden auf Guttapercha-Unterlage gestrichen und können als die Vorläufer der deutschen Kautschukpflaster gelten.

Beiersdorf war von der Bedeutung der Guttaplaste derart überzeugt, daß er die vielen anderen Pflaster der Arzneibücher und die neuen amerikanischen Kautschukheftpflaster nicht recht beachtete. Erst sein Nachfolger O. Trowitz begann 1891 die Versuche zur Herstellung von Kautschukpflastern auf Stoffunterlage. Zunächst entstanden die Paraplaste nach P. G. Unna (1896). Sie wurden auf mit Kautschuk imprägniertem und vulkanisiertem Baumwollstoff gestrichen. Erst im Jahre 1898 erscheinen die ersten deutschen »gelben« (richtiger gewöhnlichen) Kautschukheftpflaster im Handel. Über die Nachahmung der amerikanischen Pflaster hinaus verbesserte Trowitz diese in grundlegender Weise.

Nach gründlichem Studium der Reizerscheinungen<sup>4</sup>, die die Haut empfindlicher Personen durch die Pflaster erfuhr, fand Trowitz, daß ein Zusatz von Zinkoxyd diese unangenehme Wirkung der Harzsäuren aufzuheben imstande ist, waren doch die reizlindernden und entzündungshemmenden Eigenschaften des Zinkoxydes von Alters her bekannt.

<sup>1</sup> Hergestellt von Seabury & Johnson, New York.

<sup>2</sup> Vgl. S. 796

<sup>3</sup> D. R. P. 20 057

<sup>4</sup> Vgl. jedoch S. 801



So entstand ein »weißes« Kautschukheftpflaster, für das sich die Firma P. Beiersdorf & Co. im Jahre 1901 den Namen »L e u k o p l a s t« warenzeichenrechtlich schützen ließ.<sup>5</sup>

Die Verbreitung des zinkoxydhaltigen Pflasters veranlaßte später die Amerikaner ebenfalls Zinkoxyd-Kautschukheftpflaster herzustellen.

Außer der ersten Gruppe der rein mechanisch wirkenden Heftpflaster wird eine zweite Gruppe durch Pflaster mit meist resorbierbaren, medikamentösen Zusätzen dargestellt.

Die Zusammensetzung schwankt bei den verschiedenen Fabrikaten außerordentlich. Dies hängt einerseits mit der Herstellungsart zusammen, da zwischen den für gestrichene und für kalanderte Pflaster verwendeten Rohstoffen grundlegende Unterschiede bestehen. Andererseits wird die anzuwendende Menge der einzelnen Substanzen von dem gewünschten physikalischen Verhalten des Pflasters abhängen.

Ganz allgemein kann man sagen, daß sich die Pflastermasse aus

- a) elastischem Gerüst (Kautschuk),
- b) haftendem (klebendem) Zusatz (Harz),
- c) Füllmitteln (Zinkoxyd u. ä.),
- d) Weichmachern (Wollfett u. ä.) und eventuell
- e) Medikamenten

zusammensetzt.

Diese Masse wird nun auf die verschiedensten Unterlagen wie Cretonne, Nessel, Filz, Seide, Trikot, Guttapercha<sup>6</sup>, Metallfolie<sup>7</sup>, tierische Haut<sup>8</sup>, geölte Gewebe<sup>9</sup> und Cellophan gestrichen oder auch kalandert.

### Fabrikation

Die Fabrikation des gestrichenen Pflasters beginnt mit der Verarbeitung des Kautschuks. Dieser wird mit Schneidemaschinen zu handlichen Blöcken geschnitten. Im Falle der Verwendung von Parakautschuk geht der übliche Wasch- und Trockenprozeß voraus.<sup>10</sup> Dann werden in Knetmaschinen<sup>11</sup> 20 kg Kautschuk allmählich mit 120 kg Benzin bis zur völligen Homogenität verarbeitet. Inzwischen werden 12 kg Dammarharz und 8 kg Kolophonium in 20 kg Benzin gelöst und durch vierfach Mull koliert. 20 kg Veilchenwurzelpulver und 10 kg Zinkoxyd werden gemischt, bei 100° C getrocknet, gesiebt, sodann mit 8 kg Benzin zu einer dicken, gleichmäßigen Paste und schließlich mit 30 kg Wollfett zu einer fein verteilten Salbenmasse verrieben. Die Harzlösung wird mit dieser Masse vermischt und hierauf zu der Kautschuklösung gefügt. Nach gründ-

<sup>5</sup> Vgl. die Festschrift »Die Entwicklung der Firma P. Beiersdorf & Co., Hamburg, bis zum 1. Oktober 1915«, für deren Überlassung ich der Geschäftsleitung der Firma auch an dieser Stelle bestens danke.

<sup>6</sup> D. R. P. 20 057

<sup>7</sup> D. R. P. 373 749

<sup>8</sup> D. R. P. 107 524

<sup>9</sup> D. R. P. 159 991

<sup>10</sup> Die Verwendung von Latex ist durch D. R. P. 463 852 geschützt.

<sup>11</sup> Vgl. Abschnitt »Kautschukmaschinen«

lichem Mischen läßt man die Pflastermasse einige Stunden ruhig stehen.<sup>12</sup>

Neben dem Zinkoxyd-Kautschukheftpflaster wird auch noch das gewöhnliche sogenannte *gelbe Kautschukpflaster* hergestellt. Es wird heute noch in allen Ländern bevorzugt, die die alten amerikanischen Pflaster bezogen. So findet es besonders in Nord- und Südamerika und dem europäischen Norden (England, Schweden und Norwegen) Anwendung. In Deutschland wird es nur noch für Spezialzwecke, z. B. für Verbände bei Röntgenaufnahmen (wegen der Metallfreiheit) benutzt.

Eine Vorschrift<sup>13</sup> für das gewöhnliche, gelbe Kautschukpflaster lautet: 8,8 kg Veilchenwurzelpulver, 2 kg Sandarak und 0,3 kg Salicylsäure<sup>14</sup> werden mit 2 kg Harzöl und 15 kg Äther durchgefuechtet. Inzwischen wird eine Schmelze von 12 kg Kopaivabalsam, 12 kg Kolophonium, 11 kg Harzöl, 6 kg venetianischem Terpentin und 3,5 kg gelbem Bienenwachs hergestellt, die mit 60 kg Äther versetzt wird. In diese Lösung werden zum Schluß 31,5 kg Kautschuk eingetragen, die zur völligen Lösung kommen.

Die genaue Innehaltung der Arbeitsvorschriften ist zur Erzielung der gleichen Viskosität bei gleicher Konzentration wichtig, da ja die Viskosität von Kautschuklösungen durch Mastikation abnimmt. Da aber im Gegensatz zur Gummierungsindustrie die Pflasterstreicherei nur einen Streichgang kennt, hängt die Dicke und Klebefähigkeit der Pflastermasse sehr von der Innehaltung konstanter Arbeitsbedingungen ab.

Während die ausländischen Pflaster fast durchweg einen starken weißen Stoff als tragende Unterlage haben, wurde für das »Leukoplast« und seine deutschen Nachahmer aus praktischen Gründen ein weicher *hautfarbener* Stoff eingeführt.

Die Streichmaschinen ähneln den in der Gummierungsindustrie verwandten.<sup>15</sup> Die Stoffe werden durch einen Streichbalken gezogen, der die Masse gleichmäßig auf den Stoff verteilt. Sehr wesentlich ist die Innehaltung einer konstanten Durchgangsgeschwindigkeit, damit die Eindringtiefe der Masse gleichmäßig ausfällt. Das benzinfuchte Pflaster verläßt so die Streichmaschine und wird auf Haspeln 24 Stunden getrocknet. Hier kann man deutlich den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die äußere Beschaffenheit des Pflasters erkennen. Durch die Benzin-Verdunstungskälte kondensiert sich die Feuchtigkeit, die dem Pflaster eine stumpfe Oberfläche verleiht.

Zur Herstellung kalanderter Pflaster werden auf den üblichen Walzen-Mastikatoren 45 kg Kautschuk solange geknetet, bis er seine elastischen Eigenschaften weitestgehend eingebüßt und sich in eine glatt laufende plastisch-teigige Masse verwandelt hat. Dann werden 25 kg Kolophonium,

<sup>12</sup> Vorschrift des D.A.B. 6., die vielleicht nicht allen Anforderungen genügen dürfte.

<sup>13</sup> Thoms, Handbuch der prakt. u. wiss. Pharmazie Bd. 6 (1927) S. 674

<sup>14</sup> Nach Dieterich, Pharm.-Zentralh. 35 (1894) S. 621, dient der Zusatz von Salicylsäure zur Verminderung der möglichen Hautreizungen.

<sup>15</sup> Vgl. Abschnitt »Kautschukmaschinen«



die in dampf- oder gasgeheizten eisernen Kesseln geschmolzen wurden, eingearbeitet. Zum Schluß werden 10 g Veilchenwurzelpulver und 20 kg Olibanumpulver hinzugefügt.

Die fertige Masse wird mittels Kalander entweder in oder auf das Gewebe friktioniert oder plattiert. Das auf diese Weise gewonnene Pflaster wird sofort in Schneidemaschinen weiterverarbeitet.

### Verarbeitung

Diesen technischen Arbeitsgängen schließt sich die Konfektionierung der Pflaster an, die an Raum und Arbeitskraft den weitaus größten Teil der Pflasterfabrikation einnimmt.

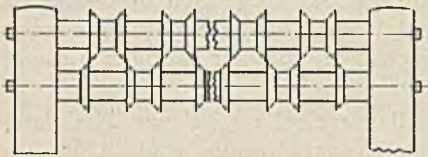


Abb. 569a. Schema der Schneidemaschine (Vorderansicht)

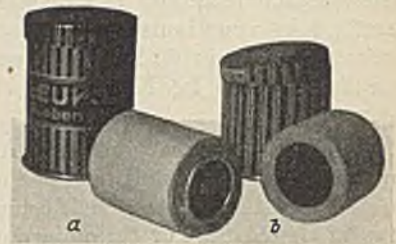


Abb. 570. Pflasterstreifen auf Metallkern (a) und auf Pappkern (b) gewickelt



Abb. 569b. Schema der Schneidemaschine (Seitenansicht)  
Die Pflasterbahn wird derart geteilt, daß die nebeneinanderliegenden Pflasterstreifen die Messerwellen alternierend in zwei um  $45^\circ$  verschiedenen Richtungen verlassen

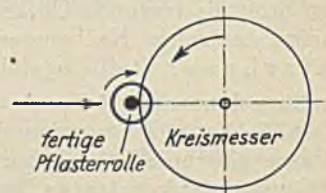


Abb. 571. Die Pflasterrolle wird in der Richtung des großen Pfeiles hinbewegt. Die dabei von selbst auftretende Rotation der Pflasterrolle verbürgt einen gleichmäßigen Schnitt

Das für Heftpflaster vorgesehene Pflaster wird nun bei den einzelnen Fabriken verschieden geschnitten und gewickelt.

Eine Art der Schneidemaschinen entspricht dem in Abb. 569a und b angegebenen Schema. Das beliebig lange, meist 1 m breite Pflaster wird zwischen rotierenden Kreismessern, deren Abstand von der verlangten Pflasterbreite abhängt, hindurchgeführt und die Pflasterstreifen in der gewünschten Länge aufgewickelt. Die nach diesem Verfahren geschnittenen Pflaster sind meist auf hohle Metallkerne gewickelt (Abb. 570). Die

andere Art der Schneidevorrichtung (Abb. 571) besteht darin, daß das Pflaster in der gewünschten Länge auf Pappkerne gewickelt wird, die dann mittels eines Kreismessers in die verlangten Breiten geschnitten werden. (Abb. 570). Nach beiden Methoden lassen sich die üblichen Breiten von  $\frac{1}{2}$  bis 10 cm und Längen von 1 bis 25 m herstellen.

Die Weiterverarbeitung der Spulenkern richtet sich nach der Verkaufsform. Ein Teil der Spulen kommt ohne weiteres auf diesen Spulenkernen in den Handel. Zum Schutze vor äußeren Einflüssen dienen dann Blechbüchsen (Abb. 570). Ein anderer Teil der Spulen wird an den beiden Rändern mit Schutzdecken versehen (Abb. 572). Hierzu dienen einfache Balanzierpressen wie auch komplizierte Automaten. Diese Spulenform (meist Spulen mit mehr als 5 m Pflaster) wird nur in Faltschachteln verpackt.

Für technische Zwecke kommt Kautschukpflaster verschiedener Farben und Massen auf Pappkernen in Längen von 25 m und 50 m sowie Breiten von  $\frac{1}{2}$  cm bis  $7\frac{1}{2}$  cm ohne Schutzpackung in den Handel.

Die Kautschukheftpflaster, die zum Tragen von Verbänden usw. benutzt werden, kommen praktisch nicht mit offenen Wunden in Berührung. Auch ergaben Versuche zur Klärung der Sterilitätsfragen, daß auf der Kautschukmasse keine Krankheitserreger vegetieren können.<sup>16</sup> Dies macht die spezielle Sterilisierung der Kautschukpflaster überflüssig, die wegen eines sehr niedrigen Erweichungspunktes der Klebmassen (60 bis 70°) auf Schwierigkeiten gestoßen ist.



Abb. 572. Spule mit Schutzdeckel und Karton

### Wundverbände

Ganz anders liegt die Frage bei den sogenannten Schnellverbänden<sup>17</sup>, die eigens zur Bedeckung von Wunden benutzt werden.

Diese bestehen aus Heftpflasterstreifen, die entweder zur Herstellung der Luftdurchlässigkeit regelmäßige Perforation tragen oder mit masselosen Mittelstreifen gestrichen sind (Abb. 573). Auf diese Heftpflasterstreifen wird ein aus mehreren Lagen bestehendes Mullkissen gelegt, das mit Desinfizientien wie Dermatol, Trypaflavin, Pyoktannin oder Yxin imprägniert ist. Dieser gebrauchsfertige Schnellverband, der nur noch zur bequemeren Handhabung mit zwei Gazestreifen ein-

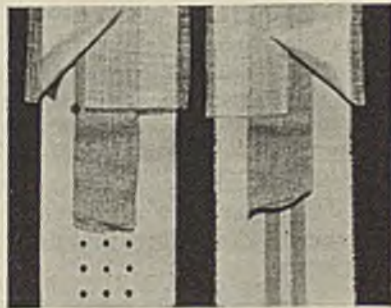


Abb. 573. Wundverband mit Perforation und mit unbestrichenen Mittelstreifen

<sup>16</sup> Rojahn und Schill — Apoth.-Ztg. 45 (1930) S. 1183

<sup>17</sup> Hansaplast, Traumaplast, Vulnoplast usw.



gedeckt wird, hat durch die Verbindung von sterilem Kautschukpflaster mit antiseptischem Mullkissen keine Sterilisation nötig.

Die Desinfektionskraft der Schnellverbände kann noch durch die Benutzung perforierter Silberfolien verstärkt werden.<sup>18</sup>

### Elastische Binden

Eine Spezialart sind die auf elastische Stoffe gestrichenen Binden (Elastoplast, Tricoplast usw.), wie sie je nach der Dehnungsrichtung für Kompressions-, Redressions- und Ruhigstellungsverbände (längselastisch) oder für »bewegungsfähige« Verbände (querelastisch) angewandt werden.<sup>19</sup> Sie sind das Bindeglied zu den

### medikamentösen Pflastern.

Diese werden auf elastische Gewebe, Filz oder weißen Trikot gestrichen. Für diese Pflaster sind poröse Gewebe notwendig, da sie viel länger als die Heftpflaster auf dem Körper bleiben, so daß ein luftdichter Abschluß<sup>20</sup> nicht erwünscht ist. Ferner ist bei der Applikation an beweglichen Körperstellen die Starrheit der Cretonnepflaster äußerst hinderlich. Die medikamentösen Pflaster werden teils mit anorganischen Stoffen, teils mit organischen Substanzen oder Extrakten hergestellt. Zur Wirkung werden alle Stoffe kommen, die durch die Oberhaut resorbiert werden können, und zwar erstens die Substanzen, die bei Körpertemperatur gasförmig sind und zweitens jene, die in lipoidlöslicher Form, mit hautverwandten Vehikeln oder in Form von Emulsionen aufgenommen werden können.<sup>21</sup>

Je nach der Wirkungsart der angewandten Medikamente kann man die Pflaster einteilen in 1. nur lokal wirkende Pflaster und 2. in Pflaster, die durch Eindringen der Medikamente durch die Epidermis hindurch in die Blutbahn wirken. Zur ersten Gruppe gehören die Zug- und Furunkelpflaster, die metallisches Quecksilber (20%) und Phenol (5%) enthalten. Beide Stoffe werden leicht resorbiert. Die Wirkung beruht auf der desinfizierenden Kraft des Phenols, gepaart mit anästhetischer und juckstillender Wirkung sowie auf der bekannten Heilwirkung des Quecksilbers. Dieses ruft eine raschere Reifung von Furunkeln, eine raschere Demarkierung des nekrotischen Pfropfes hervor.

Hierher gehören ferner die Zinkoxyd-, Jodoform-, Borsäure-, Ichthyolpflaster<sup>22</sup> usw. Diese Pflaster werden auch als Guttaplaste hergestellt.

### Guttaplaste

Diese Spezialform der Pflaster wird von den Dermatologen zur sauberen, genau dosierten Applikation einer großen Anzahl von Medikamenten verschrieben. Die Guttaplaste bestehen aus einer Guttaparchaunter-

<sup>18</sup> Silberhansplast D. R. P. 547 046

<sup>19</sup> Hansaplast elastisch D. R. P. 535 675

<sup>20</sup> Vgl. S. 795

<sup>21</sup> Hier herrscht eine völlige Analogie zur Wirkung der medikamentösen Salben.

<sup>22</sup> Zu diesem Pflaster wird Ammonsulfichthyolat verwandt, das durch Sulfurierung eines aus Tiroler Schiefer destillierten Öles gewonnen wird. Das Pflaster wird gegen Frostbeulen, Verbrennungen, Akne, Juckreiz und zu Abortivkuren von Furunkeln benutzt.

lage, der die Kautschukmasse mit Medikamenten derart aufgestrichen ist, daß jeder Quadratcentimeter der Pflasterfläche eine definierte Menge Medikament enthält. Im Gegensatz hierzu wird bei den medikamentösen Pflastern der Medikamentengehalt in Prozenten der Pflastermasse angegeben. Die Dosierung hängt hier also von der Schichtdecke ab.

Ein häufig benutztes Pflaster ist das Cantharidinpflaster (Cantharide = sog. spanische Fliege) mit 2% wirksamer Substanz (Ph. B.). Cantharidin führt auf der Haut ohne Hyperämie anfangs zur Rötung, später zur Bläschenbildung. Es wird bei lokalen Affektionen der Haut, bei Geschwüren und zur Ableitung bei Neuralgie (Ohrenpflaster) oder Gelenkrheumatismus benutzt.

Das bekannteste Pflaster dieser Gruppe ist das Hühneraugenpflaster. In diesem wird durch entsprechenden Zusatz von Salicylsäure deren epithelauflösende Wirkung, die sich nur an verhornten Hautstellen äußert, benutzt. Häufig wird diesen Pflastern zur Schmerzlinderung ein Zusatz von *Extractum cannabis indicae*, d. i. indischer Hanf oder Haschisch<sup>23</sup> gegeben.

Die Salicylsäure kann aber auch in einer anderen Art und Weise als Medikament wirken. Freie Salicylsäure wird durch die gesunde Oberhaut resorbiert und kreist im Blut als unschädliches Natriumsalicylat. Durch die CO<sub>2</sub>-Spannung, wie sie in entzündeten Geweben vorherrscht (bis zu 17,5%), wird Salicylsäure freigemacht und kann so zu einer lokalen antiseptischen Wirkung kommen (Gelenkrheumatismus), während auf das übrige gesunde Gewebe und besonders das Nervensystem eine unschädliche Konzentration von Natriumsalicylat wirkt, die durch die übliche CO<sub>2</sub>-Spannung (etwa 6%) nicht zerlegt wird.<sup>24</sup>

Zu dieser zweiten Gruppe gehören ferner alle Pflaster, die Hautreizmittel enthalten. Diese wirken in kleinen Dosen nach Maßgabe physiologischer Versuche reflektorisch, indem die Erregungen der peripheren Nervenendigungen zu den zentralen Ganglien fortgepflanzt und von diesen nach den Nerven der Zirkulationsorgane übergeleitet werden. Es folgt eine Gefäßkontraktion, Beschleunigung der Blutzirkulation und Temperaturerhöhung (Hyperämie). Bei einigen dieser Mittel tritt eine schmerzlindernde Wirkung hinzu, die durch Herabsetzung der Sensibilität des Nervensystems hervorgerufen wird. Die Stoffe, die hier verwandt werden, gehören meist zur Klasse der starkwirkenden Medikamente; die Zusätze halten sich in den gesetzlich vorgeschriebenen Grenzen. Die medizinischen Pflaster unterliegen, im Gegensatz zu den Heftpflastern und Schnellverbänden, den Bestimmungen der Apothekengesetzgebung, d. h. sie sind nicht frei verkäuflich. Dies sind besonders Pflaster, die mit *Aconit*, *Belladonna* und *Capsicum* hergestellt werden. *Extractum aconiti* (Eisenhut) wird bei Rheuma oder Neuralgie meist in Verbindung mit hautreizenden oder schmerzstillenden Stoffen verwandt.

<sup>23</sup> Ein Betäubungsmittel, das unter Rezeptzwang steht.

<sup>24</sup> Ewald — Dubois' Arch. 1876 S. 422



Extractum Belladonnae (Atropa Belladonna) wirkt auf Grund seines Atropingehaltes.

Belladonnapflaster enthalten 0,25% Alkaloid (Ph. B.). Sie werden auf Grund der schmerzlindernden, erweichenden und zerteilenden Wirkung bei Muskelschmerzen, Brustschmerzen oder auch Keuchhusten benutzt.

In ähnlicher Weise wirken Capsicumplaster. Der Gehalt von 2% Capsicumextrakt (spanischer Pfeffer oder Paprika) bewirkt eine starke Durchblutung der beplasterten Hautstelle.

Eine Zusammenstellung der ungefähren Zusammensetzung der medikamentösen Pflaster gibt nachfolgende Tabelle:<sup>25</sup>

Tabelle 1

Pflasterart	Medikament	% wirksamer Substanz	Veilchen-wurzel	Sandarak	Harzöl	Elemi	Olibanum	Santali	Salicylsäure
Aluminium-acetat	17 Aluminium-acetat	5	65	20	35	—	—	—	—
Arnica	90 Flores Arnicae	0,03	—	20	20	—	—	—	3
Belladonna	70 Folia Belladonnae	0,25	—	20	30	—	—	—	3
Borsäure	16 Borsäure	5	70	20	20	—	—	—	3
Cantharidin	2,5 Cantharide	0,2	88	20	Tropf.	—	—	—	6
Capsicum	20 Extr. Capsici	0,2	90	—	15	—	20	—	6
Carbol	36 Phenol	10	80	20	15	—	—	—	1
Quecksilber/Carbol	60 Hg; 15 Phenol	20,5	80	20	20	—	—	—	—
Ichthyol	17 Sulfichtyolat	5	80	20	25	—	—	—	6
Jodoform	16 Jodoform	5	65	20	30	—	—	—	—
Oxycroceum	1 Extr. Capsici 2 Ol. Juniperi	—	—	20	15	5	—	50	—
Salicylsäure	34 Salicylsäure	10	70	20	22	—	—	—	34

Die angegebenen Mengen werden stets mit 800 g einer Pflastergrundmasse vermischt. Diese wird aus einer Schmelze von 36 g Harzöl, 40 g Kopaivabalsam, 20 g venetianischem Terpentin, 40 g Kolophonium, 12 g gelbem Bienenwachs unter Zusatz einer Lösung von 100 g Kautschuk in soviel Äther, daß das Gesamtgewicht der Grundmasse 800 g beträgt, bereitet.

Zum Schluß seien noch einige Pflaster erwähnt, die vielleicht der Volksmedizin entstammen. Ein »stärkendes« Pflaster, das mit Zusätzen von 10 bis 30% Eisenhydroxyd angefertigt wird, soll in der Art der Eisenpräparate bei Blutarmut dienlich sein.

Ebenso problematisch scheint die Wirkung des »Oxycroceum«-pflasters, dessen Name einen ursprünglichen Gehalt an Krokus (Safran) angibt. Dieses kostspielige Medikament, das äußerlich durch seine intensive Färbung zu erkennen ist, scheint indessen durch das ebenfalls stark färbende Sandelholz ersetzt zu sein. Allerdings kommen den übrigen in diesem Pflaster enthaltenen Zusätzen bekannte Medikamentwirkungen zu. Endlich werden noch Keuchhustenpflaster in den Handel

<sup>25</sup> Vgl. Thoms, Bd. 6 S. 674 ff.

gebracht, die die bekannten Mittel Kamille, Thymian und Eukalyptus zur äußerlichen Anwendung bringen. Zusammenfassend kann man wohl sagen, daß die medizinischen Pflaster die bekannten Wirkungen der obigen resorbierbaren Medikamente durch die Wahl der Applikationsstelle wirksam unterstützen können.

### Alterung

Ähnlich den gummierten Stoffen haftet den Kautschukpflastern die Eigenschaft an, zu altern. Diese Erscheinung tritt um so mehr auf, als der Kautschuk hier unvulkanisiert den äußeren Angriffen ausgesetzt ist.

In der Literatur findet man einige Arbeiten, die sich mit der Haltbarkeit von Heftpflastern beschäftigen. Nach der Meinung einzelner Autoren ist hierfür die Menge des Kautschuks von Bedeutung. Und zwar berichten Schmatolla<sup>26</sup> und Budde<sup>27</sup>, daß die Güte der Pflaster mit steigendem Kautschukgehalt wächst, während Kerkhof<sup>28</sup> selbst Pflastern mit nur 10 bis 12% Kautschuk jahrelange Haltbarkeit bestätigt. Nach Ansicht dieses Autors ist die Herstellungsart sowie die Verwendung von Benzin und Äther an der Zersetzung der Kautschukpflaster schuld. Die Haltbarkeit des Pflasters soll mit zunehmender Dichte des angewandten Benzins abnehmen. Nach Knoll<sup>29</sup> sind jene Kautschukarten, die am wenigsten Benzin zur Quellung benötigen, zur Pflasterfabrikation am geeignetsten.

Ditmar<sup>30</sup> berichtet, daß ein haltbares Kautschukheftpflaster nur noch aus Kautschukkohlenwasserstoffen bestehen soll. Endlich wird von einem anderen Autor<sup>31</sup> mitgeteilt, daß diejenige Kautschuksorte für die Pflasterfabrikation am wertvollsten ist, die den geringsten Gehalt an Eiweiß und Kautschukharz<sup>32</sup> besitzt.

Nach Anführung dieser widersprechenden Angaben will ich versuchen, die Veränderung von Kautschukpflastern auf die Wirkung äußerer Einflüsse auf ihre einzelnen Bestandteile zurückzuführen.

### Kautschuk

Wie alle Kautschukartikel ist das Kautschukpflaster gegen Sauerstoff empfindlich. Die Zerstörung wird besonders durch die gleichzeitige Anwesenheit autoxydabler Harze unterstützt. Die Zersetzung des Kautschukpflasters ist eine reine Oxydationswirkung. Nach Zerstörung des Kautschukgerüsts tritt die erweichende Wirkung von Wollfett, Harzöl usw. dadurch zutage, daß das Pflaster schmiert. Andererseits wird durch die Oxydation der Harze die Klebkraft verringert und im weiteren Verlauf der Oxydation wird das Kautschukpflaster hart und brüchig. Dieser Vorgang verläuft im Sonnenlicht außerordentlich schnell. Wenn auch die

<sup>26</sup> Pharm.-Ztg. 70 (1925) S. 69

<sup>27</sup> Mitt. a. d. Geb. d. Militärsanitätswesen 41 (1909) S. 58

<sup>28</sup> Pharm.-Ztg. 70 (1925) S. 270

<sup>29</sup> Apoth.-Ztg. 44 (1929) S. 1257

<sup>30</sup> Chem.-Ztg. 49 (1925) S. 636

<sup>31</sup> Vertrauensapotheker 1 (1932) S. 111

<sup>32</sup> Im Gegensatz hierzu steht der Befund von Bruson, Sebrell und Vogt, Ind. Engng. Chem. 19 (1927) S. 1187 ff., die gerade in den Kautschukharzen die natürlichen Antioxydantien nachgewiesen haben.



Kautschukpflaster nicht unter so extremen Bedingungen aufbewahrt und gebraucht werden, so deutet dieses doch die allmählichen Veränderungen an, die ein Pflaster bei jahrelanger Aufbewahrung erfahren kann.

Wesentlich ist zunächst die Oxydation des Kautschuks, der aus gequollenen, mehr oder weniger mastizierten Lösungen in dünner Schicht aufgetragen wird. Der unvulkanisierte Kautschuk ist in den porösen Geweben völlig den Angriffen der Atmosphärien ausgesetzt.<sup>33</sup>

Somit werden alle Agentien oder Präparationsarten<sup>34</sup>, die auf den Kautschuk von Einfluß sind, die Haltbarkeit der Pflaster beeinträchtigen. Dies ist besonders zu betonen, da die angeführten Arbeiten über Pflasterhaltbarkeit eigentlich nie Vergleichbares zur Verfügung hatten. Teilweise wurden Pflaster verschiedener Kautschukarten, teilweise verschiedener Präparationsarten (sicher verschiedener Aggregationszustände des Kautschuks) verglichen, manchmal lagen auch verschiedene Harzgemische den Klebmassen zugrunde. Dies zeigt besonders deutlich, daß z. B. ein kalandertes Pflaster — eben wegen des fehlenden Gehaltes an Weichmachern und des größeren Gehaltes an Kautschuk — im Verlauf der Alterung ohne zu schmieren brüchig wird, während ein gestrichenes Pflaster in der gleichen Zeit je nach seinem Wollfettgehalt Fäden zieht.<sup>35</sup>

Ein zweiter Punkt, der von den zitierten Autoren bisher nicht genügend beachtet wurde, ist der Gehalt an Kautschukgiften.<sup>36</sup> Auch hier ist bei der Verschiedenheit der Ausgangsmaterialien wohl kaum eine Vergleichbarkeit erzielt worden.

Weiter zeigt sich als wesentlich für Haltbarkeit und Klebkraft die Art und Stärke der Unterlage. Je nach der Porosität des Gewebes wird ein verschiedener Anteil der aufsaugbaren Bestandteile der Pflastermasse dem Gesamtklebeeffekt entzogen. Beim gestrichenen Pflaster sind nun aber gerade die klebenden Substanzen (Harze) in löslicher, daher aufsaugbarer Form. Beim kalanderten Pflaster tritt der Einfluß des Gewebes infolge der Nichtverwendung von Lösungsmitteln völlig zurück. Die Anwesenheit der Harze ist in gestrichenen Kautschukpflastern unumgänglich. Ihnen kommt in der Lösung im Kautschuk die Klebkraft der Pflaster zu.

### Harze

Die Auswahl der Harze wird außer nach dermatologischen Gesichtspunkten nach den physikalischen Daten<sup>37</sup> wie Schmelzpunkt und Viskosität bei Körpertemperatur getroffen.

Es werden besonders verwandt: Kolophonium, Dammar, Sandarak, Kopaivabalsam, Terpentin, gereinigtes Harzöl<sup>38</sup> und Olibanum. Es

<sup>33</sup> Vgl. Memmler, Hdb. d. Kautschukwiss. (1930) S. 172 ff.

<sup>34</sup> Cotton, Trans. Rubb. Ind. 6 (1931) S. 487 ff., Busse, Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 140

<sup>35</sup> In der Chem.-Ztg. 49 (1925) S. 636, wird eine Methode der Klebkraftmessung darauf aufgebaut, daß die Länge dieser Fäden gemessen wird. Es würden bei kalanderten Pflastern keine meßbaren Resultate auftreten.

<sup>36</sup> Kirchhof, Kautschuk 3 (1927) S. 256; Kautschuk 7 (1931) S. 26

<sup>37</sup> Vgl. Ullmann, Techn. Chem. 1928 Bd. 2, Balsame und Harze

<sup>38</sup> Schwz. P. 92 007

kommen aber auch Spezialprodukte zur Anwendung. So werden an Stelle der Harzsäuren deren Ester<sup>39</sup> oder deren Erdalkali- und Aluminiumsalze<sup>40</sup> benutzt.

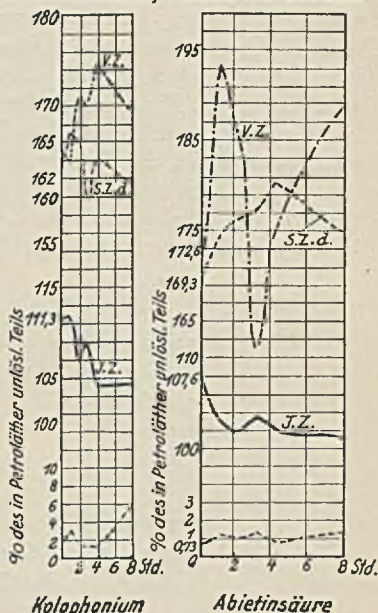
Die Harzmasse spielt aber auch für die Alterung der Pflaster eine große Rolle. Die natürlichen Harze sind nach den Arbeiten von Tschirsch<sup>41</sup> selbst der Oxydation unterworfen (Abb. 574), und zwar unter Bildung von Peroxyden, die der Kautschukoxydation förderlich sein werden.

Kolophonium oxydiert bereits beim Liegen an der Luft, schneller jedoch in einer Sauerstoffatmosphäre. Dabei verändert sich das Kolophonium wesentlich in seinem chemischen Verhalten.

Die Löslichkeit in Petroläther nimmt ständig ab. Nach zwei bis drei Jahren wird feines Kolophoniumpulver sogar völlig petrolätherunlöslich. Der petrolätherunlösliche Anteil zeigt alle Peroxydreaktionen. Die Veränderung der Jodzahl beweist, daß die Autoxydation der Harze an den Doppelbindungen ansetzt. Aus den Veränderungen der Säurezahl und der Verseifungszahl, deren Maxima nicht zusammenfallen, ist zu folgern, daß auch an der Carboxylgruppe die Oxydation eingewirkt hat.

Ferner hängt es von der Harzmasse ab, ob das Pflaster den Ansprüchen an Reizlosigkeit genügt.<sup>42</sup>

Während O. Trowlowitz annahm, daß die Harzsäuren (Damarol- und Abietinsäure) hautreizende Eigenschaften haben und infolgedessen einen Zinkoxydzusatz zur Neutralisation einführte<sup>43</sup>, wurde von H. W. Siemens<sup>44</sup> nachgewiesen, daß die im Damarharz vorhandenen Resene bei überempfindlichen Personen Rötungserscheinungen und Pustelbildung hervorrufen können. Es ist



Kolophonium Abietinsäure

Abb. 574. Kolophonium und Abietinsäure, 8 Std. in Sauerstoff. Aufgetragen sind die Kennzahlen: Verseifungszahl (V.Z.), Säurezahl (S.Z.), Jodzahl (J.Z.) und die Petrolätherlöslichkeit (Aus Tschirsch, Harze, Balsame usw. Thoms, Handbuch d. Pharmazie)

<sup>39</sup> D. R. P. 240 164

<sup>40</sup> D. R. P. 503 624

<sup>41</sup> Vgl. Thoms, Bd. 2 S. 929

<sup>42</sup> Nach Ditmar, Pharm. Monatsh. 12 (1931) S. 149, sind die Reizerscheinungen eine Folge der von der Koagulation zurückgebliebenen Ameisensäure. (Es ist aber zu beachten, daß Pflasterreizungen bereits bei parakautschukhaltigen Pflastern beobachtet wurden, besonders aber auch bei Pflastern, deren Kautschuk mit Essigsäure koaguliert wurde!)

<sup>43</sup> Eine Neutralisation der Harzsäuren ist kaum zu erwarten, da die Harzsäuren sich in Gegenwart von ZnO genau titrieren lassen.

<sup>44</sup> M. med. Woch. 72 (1925) S. 1324

51 Hauser, Handbuch I



allerdings zu beachten, daß nach Angaben von Bloch<sup>45</sup> etwa 0,5% aller Menschen heftpflasterempfindlich sind. Dies ist eine Idiosynkrasie, die in den Fällen, die Siemens beschreibt, besonders bei Ekzematikern (dort in etwa 1%) auftritt. Es lassen sich sogar Personen finden, die auf Wollfett<sup>46</sup> oder auf Zinkoxyd<sup>47</sup> ekzematisch reagieren oder durch den einfachen luftdichten Abschluß der Haut Rötungen erhalten. In einer vorhergehenden Arbeit hatte Siemens<sup>48</sup> noch vermutet, daß die Dammarolsäure von heftpflasterempfindlichen Patienten nicht vertragen würde. Abietinsäure und Kolophonium wurden gut vertragen. Dammarharz gab selbst mit der sechsfachen Menge Zinkoxyd vermischte Reizerscheinungen. Die weitere Untersuchung<sup>44</sup> ergab dann die Unwirksamkeit der Dammarolsäure. (Die Säurezahl<sup>49</sup> von Dammar ist nur 20 bis 30 im Gegensatz zu der Säurezahl von Kolophonium 160 bis 180.)

Daß ein Zusatz von Zinkoxyd die Säurezahl der Pflastermasse herabdrückt, wird indessen von Knoll<sup>49</sup> auf Grund folgenden Versuches behauptet: Es wurden die beiden Pflastermassen verglichen:

a	b
20% Harzöl	20% Harzöl
30% Kopaivabalsam	10% Kopaivabalsam
10% Lärchenterpentin	10% Lärchenterpentin
30% Kolophonium	15% Kolophonium
22% Kautschuk	22% Kautschuk
8% Wachs	42% Zinkoxyd
120%	119%
Säuregrad 20,5%	Säuregrad 11%

Zur Beachtung seien die Säurezahlen empfohlen:

Harzöl . . . . .	—
Kopaivabalsam . . . . .	60
Lärchenterpentin . . . . .	70
Kolophonium . . . . .	170
Wachs . . . . .	20

Die Erniedrigung der Säurezahl läßt sich aus der Mischung vorher berechnen. Sie ist ohne den Zusatz von Zinkoxyd eingetreten, da die Substanz mit der größten Säurezahl in der Mischung b nur in der halben Menge enthalten ist.

### Füllstoffe

Mengenmäßig bedeutend sind die Füllmittel. Hierfür kommen Zinkoxyd und pflanzliche Pulver wie Veilchenwurzel, Mehl usw. in Betracht.

Beim Zinkoxyd sind Teilchengröße, Reinheit und Feuchtigkeitsgehalt der Handelsware von wesentlichem Einfluß auf die Qualität des Endproduktes.

<sup>45</sup> Arch. f. Derm. 1924, S. 145, 34

<sup>46</sup> Sulzberger und Morse, Journ. Amer. med. Ass. 96 (1931) S. 2099

<sup>47</sup> M. med. Woch. 78 (1931) S. 1942

<sup>48</sup> M. med. Woch. 69 (1922) S. 506

<sup>49</sup> Die Säurezahl gibt an, wieviel mg KOH nötig sind um 1 g Säure zu neutralisieren.

<sup>50</sup> Apoth.-Ztg. 44 (1929) S. 1258

**Veilchenwurzel** (Rhizoma Iridis von *I. germanica*, *I. pallida* oder *I. florentina*) ist ein wohlriechendes, gelblichweißes Pulver, das zur Hauptsache aus Stärke und Cellulose sowie Harz und ätherischem Öl besteht.

Alle Pulver werden in Trockenschränken getrocknet und in Siebtrommeln von mechanischen Verunreinigungen befreit.

### Weichmacher

Als Weichmacher werden in der Pflasterindustrie Wollfett, Bienenwachs und Paraffin benutzt. Diese Stoffe geben dem Pflaster eine größere Weichheit und Anschmiegsamkeit, die häufig mit einer Erhöhung des Klebeeffektes verwechselt wird. Dieser erste Eindruck hat zu einer übermäßigen Verwendung der Weichmacher geführt. Leider liegt der Schmelzpunkt dieser Stoffe der Körpertemperatur derart nahe, daß Pflaster mit Gehalten an Wollfett von mehr als 20% auf dem Körper erweichen und schmieren.

### Analyse

Die Analyse der Kautschukheftpflaster beginnt mit der Bestimmung des Massegewichtes. Zu diesem Zweck wird ein gemessenes und gewogenes Stück Pflasterstreifen mit Benzin vollständig ausgewaschen und der Stoff zurückgewogen. Aus der Differenz ergibt sich das Massegewicht, das bei den verschiedenen Pflastern zwischen 100 und 300 g pro Quadratmeter schwankt.

Eine ungefähre Angabe der Pflasterzusammensetzung gestattet folgende Methode: Ein gemessener und gewogener Pflasterstreifen wird im Soxhlet etwa 6 Stunden mit Aceton extrahiert. Danach bleiben Kautschuk (acetonunlöslich), Zinkoxyd und die übrigen Füllmittel auf dem Gewebe zurück (Pflasterrest). In Lösung gehen Harze, Fette, Farbstoffe und medikamentöse Zusätze. Der Pflasterrest wird getrocknet und gewogen. Zur Bestimmung des Kautschuks wird der Pflasterrest mit Benzin vom Gewebe abgewaschen und die Lösung durch ein gewogenes Filter filtriert. Im Filtrat wird der Kautschuk mit neutralem Alkohol gefällt und gravimetrisch bestimmt. Der auf dem Filter verbliebene Rückstand wird getrocknet und gewogen. Durch Veraschung wird der Gehalt an Zinkoxyd und aus der Differenz die Menge der pflanzlichen Füllmittel bestimmt.

Der im Aceton gelöste Pflasteranteil wird nach dem Abdampfen des Lösungsmittels gewogen, dann mit neutralem Alkohol und Äther aufgenommen und in der üblichen Weise titrimetrisch Säure- und Verseifungszahl bestimmt. Rechnet man für die Harze eine mittlere Säurezahl von 170, für die Fette eine Verseifungszahl von 90, so ist ein ungefährender Anhalt für die Zusammensetzung des Pflasters gegeben. Eine genauere Bestimmung läßt sich für den Kautschuk nach der Methode von *B u d d e*<sup>51</sup> ausführen. Gerade für die Harze und Fette stößt bei den außerordentlich verschiedenen Zusammensetzungen der Pflaster eine eindeutige Identifizierung oder gar Bestimmung auf bisher ungelöste Schwierigkeiten.

<sup>51</sup> Memmler, Hdb. d. Kautschukwiss. S. 394





# DIE RÜCKGEWINNUNG VON LÖSEMITTELN IN DER GUMMI-INDUSTRIE

DR. A. ENGELHARDT, FRANKFURT A. M.

Lösemittel — Benzin, Solventnaphtha, Benzol, in geringer Menge auch Schwefelkohlenstoff und chlorierte Kohlenwasserstoffe — werden in der Gummi-Industrie benutzt bei der Gummierung von Stoffen und der Herstellung von IT-Platten und nahtlosen Gummiwaren. In allen Fällen sind die Lösemittel nur ein Hilfsstoff, der die Aufgabe hat, die Technik des Arbeitsprozesses zu erleichtern; eine Veränderung dieses Hilfsstoffes tritt nicht ein, auch ist er im fertigen Endprodukt nicht mehr enthalten. Hieraus ergibt sich bereits rein theoretisch die Möglichkeit, das Lösemittel im Fabrikationsprozeß einen Kreislauf machen zu lassen, d. h. es im Laufe der Fabrikation aus dem Fabrikat zu entfernen, wiederzugewinnen und dann im Anfang des Arbeitsprozesses wieder einzusetzen. Ohne Wiedergewinnung des Lösemittels müßte dasselbe für die Fabrikation immer wieder neu beschafft werden. Die Wiedergewinnung des Lösemittels dient also dazu, den Lösemittelverbrauch herabzusetzen und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Fabrikation zu verbessern.

Die Bedeutung der Lösemittelrückgewinnung für die Gummi-Industrie liegt insbesondere in der Menge des hier angewandten Lösemittels. Sie beträgt immer mindestens das Doppelte des in der Lösung befindlichen Kautschuks und kann sogar das Sechs- bis Achtfache betragen. Die angewandte Lösemittelmenge übertrifft daher den Kautschuk an Wert oft sehr erheblich.

Die Rückgewinnung des Lösemittels ist jedoch nicht nur vom Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit erstrebenswert, sondern sie muß auch aus Gründen der Betriebssicherheit und Betriebshygiene verlangt werden. Mit Ausnahme der chlorierten Kohlenwasserstoffe sind alle angewandten Lösemittel — Benzol, Benzin, Solventnaphtha, Schwefel-Kohlenstoff — leicht entflammbar und bilden mit Luft explosive Gemische. Auch sind sie alle — insbesondere die chlorierten Produkte — starke Nervengifte. Die Verdunstung solcher Stoffe in den freien Arbeitsraum oder ihre Handhabung in Mischung mit Luft, bietet also große Gefahren, die durch Anwendung der Rückgewinnungsverfahren entweder stark eingeschränkt oder beseitigt werden können.

Ökonomische, betriebstechnische und betriebshygienische Gründe sprechen so für die Lösemittelrückgewinnung in der Gummi-Industrie; vor Betrachtung der für diesen Zweck angewandten einzelnen Verfahren, seien jedoch zunächst die für die Rückgewinnung wichtigsten Eigenschaften der Lösemittel angegeben.

Alle Lösemittel sind in Wasser praktisch unlöslich und ihr spezifisches Gewicht liegt entweder beträchtlich unter oder über 1, so daß sie sich leicht vom Wasser trennen lassen. Das ist insofern von Bedeutung, als sie bei den Rückgewinnungsverfahren in der Regel gemischt mit Kondenswasser erhalten und also in einfachen Abscheidern — sogenannten



Florentiner Flaschen — direkt praktisch wasserfrei gewonnen werden können. Für die Mischungen aus den aufgeführten Lösemitteln, die in jedem Verhältnis erfolgen können, gilt natürlich das gleiche, sofern ihr spezifisches Gewicht nicht nahe bei 1 liegt.

Zur Beurteilung der Flüchtigkeit eines Lösemittels dient in erster Linie die Verdunstungsgeschwindigkeit. Sie gibt — im Vergleich mit dem gleichen Volumen Äther — die Zeit an, die erforderlich ist, um gleiche Gewichtsmengen Lösemittel zu verdunsten. Ihre Abhängigkeit von Siedegrenzen und Dampfdruck des Lösemittels ist augenscheinlich, jedoch ihre zahlenmäßige Beziehung zu diesen Faktoren ist noch nicht hinreichend klagestellt. Die Verdunstungsgeschwindigkeit (Siedegrenzen, Dampfdruck) bedingt die Höhe des Lösemittelgehaltes der Luft beim Arbeiten in Tauchhäusern, auf Streichmaschinen, Trockenkalandern; sie kann durch zweckmäßige Luft- und Wärmezufuhr so beeinflußt werden, daß einerseits die Qualität der herzustellenden Ware keinen Schaden leidet und eine maximale Produktion zustande kommt, während andererseits gleichzeitig die für Betriebssicherheit und ein gutes Rückgewinnungsergebnis optimalen Lösemittelgehalte in der Luft erzielt werden.

Aus der Einordnung der Lösemittel in die gesundheitlichen Gefahrenklassen ersieht man, daß Benzine (gesättigte Kohlenwasserstoffe) bedeutend weniger gefährlich sind als die aromatischen Kohlenwasserstoffe<sup>2</sup> (Benzol und Homologe) oder die chlorierten. Die Lösemittel wirken in erster Linie auf die Lipoide des Zentralnervensystems, was man sich dadurch erklärt, daß sie von der Nervensubstanz resorbiert werden und dabei fettlösend — also zerstörend — wirken. Die Symptome der Vergiftung durch diese Lösemittel sind Angstzustände und starke Erregbarkeit, oft aber auch eine solche Schläffheit, daß die davon Betroffenen z. B. unfähig sind, sich aus der Gefahrenzone zu entfernen. Die Benzole können auch die Gerinnungsfähigkeit des Blutes so stark beeinträchtigen, daß selbst kleine Verletzungen zu Blutungen führen können; besonders kennzeichnend ist die Abnahme der weißen Blutkörperchen. Die chlorierten Kohlenwasserstoffe rufen außerdem starke Blutdrucksenkungen hervor, gegebenenfalls Entzündungen der Schleimhäute und Leberschädigungen. Auch die Verunreinigungen der Lösemittel — chemisch reine Produkte werden in der Gummi-Industrie praktisch nie benutzt — können Giftwirkungen ausüben. Das gilt vor allen Dingen für den Schwefelkohlenstoff, der ebenfalls auf das Nervensystem wirkt. Längeres Einatmen von Luft mit nur 0,5 g Schwefelkohlenstoff pro 1 cbm genügt, um Psychosen und Dämmerzustände zu erzeugen.

Nach dem Flammpunkt — und ihrer hohen Lösefähigkeit für Kautschuk — würden die chlorierten Kohlenwasserstoffe als Lösemittel den reinen Kohlenwasserstoffen vorzuziehen sein, da sie alle nur schwer oder nicht brennbar sind. Ihre höhere Giftigkeit und die Unmöglichkeit, in vollständig geschlossenen Apparaten zu arbeiten, sind — neben ihrem

<sup>2</sup> Näheres über die Giftgefahren des gewerblichen Lösemittels s. bei Zangger, Archiv für Gewerbepathologie und Gewerbehygiene 1 S. 77; 2 (1931) H. 1. Gerbis, »Über gewerbliche Gifte« Z. angew. Chem. 44 (1931) S. 640

## Eigenschaften der Lösemittel

Lösemittel	Chem. Formel	Molekulargewicht	Spez. Gew. 20°	Siedegrenzen	Flüchtigkeitsdaten					Spez. Wärme	Verdunstungswärme cal/kg	Flammpunkt	Löslichkeit g/l Wasser	Gesundheitl. Gefahrenkl.	
					1 l Dampf bei 20° = g/20°		Dampfdruck bei 20°		1 mm Hg bei 20° = g/cbm						Verdunstungsgeschwindigkeit (Aether=1)
					mm Hg	g/cbm	mm Hg	g/cbm							
1. Aethylenchlorid . . .	$C_2H_4Cl_2$	99	1,24	81—87°	4,12	61	330	5,42	4,1	0,305	85,4	schwer brennbar	8,7	III	
2. Benzin (Leicht-) . . .	$C_xH_y$	ca. 95	0,74	67—120°	4,17	75	390	5,2	3,5	0,487	80	— 24°	bis 1,5	I	
3. Benzin (Schwer-)¹. . .	$C_xH_y$	ca. 140	0,79	130—180°	5,8	6	45	7,6	100	0,397	68	— 22°			
4. Benzol (rein) . . . . .	$C_6H_6$	78	0,88	80—81°	3,25	74,3	320	4,27	3,0	0,415	95	— 15°	0,7	III	
5. 90er Benzol . . . . .	$C_6H_6$ + Homologe	ca. 85	0,88	80—120°	ca. 3,55	60	280	4,7	5,0	0,414	93	— 15°	0,6	III	
6. Dichloräthylen . . . . .	$C_2H_2Cl_2$	97	1,29	50—60°	4,03	205	1090	5,31	—	0,300	—	kaum brennbar	1,0	III	
7. Heptan . . . . .	$C_7H_{16}$	100	0,695	98°	4,17	35	192	5,48	5,1	0,490	74	— 22°	1,4	I	
8. Hexan . . . . .	$C_6H_{14}$	86	0,67	71°	3,58	120	565	4,71	2,1	0,504	79	— 40°	1,6	I	
9. Methylchlorid . . . . .	$CH_3Cl$	85	1,372	40—42°	3,54	ca. 350	ca. 2100	4,65	1,8	0,255	78	nicht brennbar	16,0	III	
10. Pentan (Petroläther). . .	$C_5H_{12}$	72	0,62	37°	3,00	420	1650	3,94	0,8	0,512	84	— 50°	1,8	I	
11. Schwefelkohlenstoff . . .	$CS_2$	76	1,26	46°	3,16	298	1240	4,16	1,7	0,238	86	0°	2,0	IV	
12. Solventnaphtha 1 . . . . .	$C_{10}H_{18}$ + Homologe	ca. 115	0,88	130—170°	4,8	8	50	6,3	38,0	0,402	80	21°	0,4	III	
13. Tetrachlorkohlenstoff . . .	$CCl_4$	ca. 154	1,60	77°	6,42	91	768	8,43	9,6	0,201	45	nicht brennbar	0,8	III	
14. Toluol . . . . .	$C_7H_8$	92	0,864	110°	3,83	22	111	5,03	6,1	0,414	88,2	7°	0,5	III	
15. Trichloräthylen . . . . .	$C_2HCl_3$	131,5	1,47	87°	5,47	56	402	7,19	5,3	0,228	56,5	nicht brennbar	0,1	III	
16. Xylol . . . . .	$C_8H_{10}$	106	0,857	137—139°	4,42	10	58	5,80	13,5	0,405	82,5	23°	0,4	III	

1) auch Whitespirit (in U. S. A. auch Solventnaphtha) genannt.



(pro Volumen) bedeutend höheren Preis — bei Anwendung in größerem Maße jedoch hinderlich. Besonders groß ist die durch den relativ niedrigen Flammpunkt bedingte Feuergefahr bei Benzin, da die z. B. durch Ausgießen oder schnelles Fließen in Röhren entstehende Reibung es so stark elektrostatisch aufladen kann, daß bei der Berührung mit nicht gut geerdeten Metallteilen Funken entstehen können. Auch bei der Reibung gummierter Stoffe auf den Streichmaschinen kann — bei ungenügender Erdung der Metallteile — solche Funkenbildung eintreten und — infolge der gleichzeitigen Anwesenheit des Benzins in den Streichmassen — zu Bränden und Explosionen führen.

Für die meisten der gebräuchlichsten Lösemittel — ausgenommen die chlorierten Kohlenwasserstoffe — besteht jedoch nicht nur die Gefahr der Entzündung, sondern auch der Explosion. Bei den in Frage kommenden Fabrikationsprozessen erfolgt die Verdampfung des Lösemittels ja nicht in vollständig geschlossenen Apparaten, sondern es ist immer Luftzutritt möglich — und zwecks Durchführung der Verdampfung bei möglichst niedriger Temperatur erforderlich —, so daß immer mit Gemischen aus Luft und Lösemitteldämpfen gerechnet werden muß. Bei solchen Gemischen liegt Explosionsgefahr vor, wenn der Lösemittelgehalt gewisse Grenzen über- bzw. unterschreitet, und zwar liegen diese Grenzen für normale Verhältnisse und die gebräuchlichsten Lösemittel bei etwa 50 bis 350 g/1 cbm (20°)<sup>3</sup>, ausgenommen Schwefelkohlenstoff. Für die Gummi-Industrie sind von besonderem Interesse die Explosionsgrenzen für:

Benzol	bei 20°	52—198	g/1 cbm
Leichtbenzin	„ 20°	62—148,5	g/1 cbm
Schwefelkohlenstoff	„ 20°	107—920	g/1 cbm

d. h. also, ein Benzol-Luftgemisch ist bei 20° nur dann explosiv, wenn sein Benzolgehalt zwischen 52 und 198 g/1 cbm liegt.

Bei höherem Wasserdampfgehalt der Luft erhöht sich die untere Explosionsgrenze, d. h. also die Explosionszone bzw. die Explosionsgefahr wird etwas geringer. Andererseits erweitern sich die Explosionsgrenzen mit steigendem Druck und steigender Temperatur — namentlich für Leichtbenzin —, wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist:

	Benzol	Leichtbenzin	Schwefelkohlenstoff
20°	52—198 g	62 —148,5 g	107— 920 g
100°	50—201 g	50,1—203,0 g	41—1020 g
200°	51—203 g	49,0—202,0 g	Entzündung
300°	55—204 g	43,6—201,0 g	—

Bei der Anwendung von Lösemittelmischungen kann man die Explosionsgrenzen errechnen aus den Explosionsgrenzen der einzelnen Lösemittel nach einer von *Le Chatelier*<sup>4</sup> angegebenen Formel:

<sup>3</sup> Berl u. Fischer, Z. Elektrochem. 30 (1924) S. 29; Berl u. Werner, Z. anorg. Chem. 40 (1927) S. 245; Berl u. Bausch, Z. phys. Chem. A. 145 (1929) S. 347, 451

<sup>4</sup> Richardson, E. G. u. Sutton, C. R.: Ind. Engng. Chem. 26 (1928) S. 187

$$E. G. = \frac{100}{\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \frac{P_3}{N_3} + \dots}$$

Hier bedeuten  $N_1, N_2, N_3$  die Explosionsgrenzen der einzelnen Bestandteile, während  $p_1, p_2, p_3$  den prozentualen Anteil des Einzelbestandteiles am Gemisch wiedergeben.

Für den Betrieb folgt aus diesen Daten, daß man bestrebt sein muß, bei allen Arbeitsprozessen, an denen brennbare Lösemittel beteiligt sind, mit dem Lösemittelgehalt der Luft möglichst außerhalb der genannten Explosionsgrenzen zu bleiben. Stark untersättigte Lösemitteldampf-Luftgemische — unter 50 g/l cbm — und sehr hochprozentige — nahe der Sättigungsgrenze — bieten die geringste Explosionsgefahr.

Für die Feststellung, ob explodierbare Gemische vorliegen, waren bis vor kurzem umständliche Messungen auszuführen. Neuerdings ist es möglich, den Lösemittelgehalt in der Luft mit ausreichender Genauigkeit mittels des »Vulkan-Gasanzeigers« von S e w e r i n g<sup>5</sup> zu bestimmen. Wird das Dämpfe-Luftgemisch — etwa 500 ccm genügen — in diesen Apparat hineingebracht, so diffundiert die Luft schneller als die Dämpfe durch eine Membrane, wodurch ein Manometer betätigt wird, aus dessen Stand man dann mittels einer Tabelle direkt auf den Lösemittelgehalt schließen kann.

Im Hinblick auf die vorstehend angegebenen Eigenschaften ist es erforderlich, die arbeitenden Personen möglichst wenig mit den Lösemitteldämpfen in Berührung kommen zu lassen. Lange Jahre glaubte man, diesem Gebote durch weitgehende Belüftung der Arbeitsräume Genüge zu leisten; doch es hat sich gezeigt, daß selbst bei sehr geringem Lösemittelgehalt in der abgesaugten Luft der Gehalt an den einzelnen Arbeitsstellen meist noch gefahrbringend hoch ist. Die Raumbelüftung ist daher heute allgemein als ungenügend erkannt worden, und zwar nicht nur vom Gesichtspunkt der Betriebshygiene aus, sondern auch der Wirtschaftlichkeit, die die Rückgewinnung der verdunsteten Lösemittel verlangt. Dieser Forderung arbeitet nämlich jede Maßnahme entgegen, die die Lösemitteldämpfe übermäßig mit Luft verdünnt; bei Raumluftabsaugung ist der Lösemittelgehalt aber immer unter 1 g/l cbm — da bei höheren Gehalten ein längerer Aufenthalt im Arbeitsraum nicht möglich ist —, d. h. so gering, daß das Lösemittel nicht mehr in wirtschaftlicher Weise aus der Luft abgeschieden und damit wiedergewonnen werden kann. Raumabsaugung und ökonomische Lösemittelrückgewinnung sind also nach dem heutigen Stande der Technik nicht miteinander vereinbar.

Die Entwicklung der letzten Jahrzehnte ist infolgedessen dahin gegangen, die Verdunstung der Lösemittel in den Arbeitsraum hinein möglichst weitgehend zu vermeiden, ein Ziel, das man durch möglichst dichte Einkapselung der Arbeitsmaschinen erreicht hat. Dadurch erhält man die Lösemitteldämpfe mit relativ wenig Luft gemischt und kann sie hieraus durch Abkühlung (Kondensationsverfahren) oder mit Hilfe von Waschölen oder festen Adsorbentien wiedergewinnen. Soweit man hier-

<sup>5</sup> Sander, A.: Chem. Ztg. 56 (1932) S. 390



bei die eingekapselten Arbeitsmaschinen künstlich belüftet, saugt man die Lösemitteldämpfe unmittelbar dort ab, wo sie entstehen, und belüftet dabei gleichzeitig den Arbeitsraum, indem man die Raumluft in die Einkapselung der Apparate hineinsaugt, so daß — in umgekehrter Richtung — keine Lösemitteldämpfe in den Arbeitsraum gelangen können.

Je nach den Arbeitsbedingungen des angewandten Rückgewinnungsverfahrens ist die Konstruktion der Einkapselungen verschieden, so daß Einzelheiten in Verbindung mit der Beschreibung der Rückgewinnungsverfahren erörtert werden sollen.

## Das Kondensations-Destillations-Verfahren

Die einfachste Arbeitsweise für die Wiedergewinnung eines Lösemittels aus einer Lösung ist die Destillation, d. h. die Verdampfung ohne Luftzutritt mit anschließender Kondensation der — unverdünnten — Lösemitteldämpfe. Das Schema einer solchen Arbeitsweise ist nachstehend abgebildet (Abb. 575).

Diesem Prinzip entspricht das Verfahren des D. R. P. 330 714 (12. April 1919) von W. L o h m a n n, Bielefeld, wobei der Kondensator unter der Streichmaschine angeordnet ist. In ähnlicher Weise arbeitet die Rückgewinnungsanlage nach D.R.P. 493 802 (13. Februar 1924) von R o h l i n, wobei die Dämpfe unmittelbar einem an der Längsseite der Heizplatte befindlichen zylindrischen Kondensator zugeführt werden (Abb. 576).

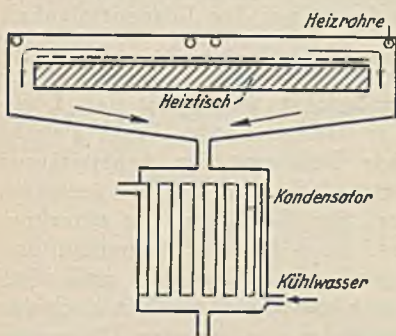


Abb. 575. Schema des Destillations-Kondensations-Verfahrens

Stoffein- und -ausgangsröhren sind durch ein flexibles Dichtungsmaterial (Filz) möglichst weitgehend geschlossen; in der Abdeckhaube sind große aufklappbare Glasfenster vorhanden, so daß gegebenenfalls an der gestrichenen Stoffbahn noch Aus-

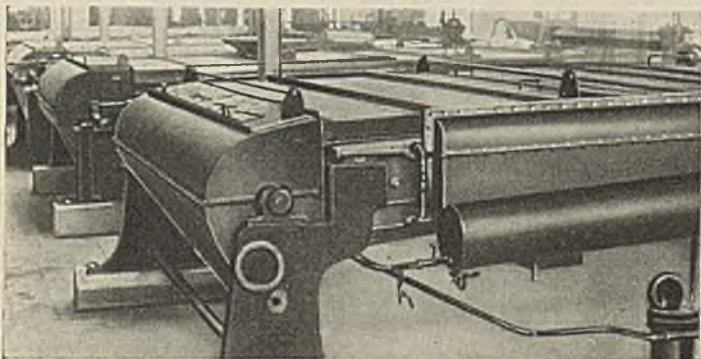
besserungsarbeiten gemacht werden können.

Der besondere Vorzug dieser Rückgewinnungsapparate ist ihre Billigkeit und Anwendbarkeit in kleineren Betrieben, allerdings nur bei Streichmaschinen. Besondere Bedienung der Apparate ist praktisch nicht erforderlich; es werden weder Dampf noch Kraft benötigt, sondern nur Kühlwasser (1 bis 2 cbm pro Maschine/ Std.). Die Rückgewinnungsausbeute hängt von der Abdichtung der Apparate ab, da ja aus jeder auch noch so kleinen Öffnung hochprozentige Lösemittel in den Arbeitsraum austreten und so für die Rückgewinnung verlorengehen. Auch befindet sich die Stoffbahn immer in einer mit Lösemitteldampf vollständig gesättigten Atmosphäre, so daß sie unter der Abdeckhaube ebensowenig vollständig trocknen kann wie feuchte Wäsche in einem Wasserdampfstrom. Deshalb ist in Sonderfällen — z. B. bei der Gummifädenstreichmaschine — auch noch eine an der Luft liegende Trockenstrecke an-

schließend vorgesehen, wo dann allerdings der — in den Arbeitsraum verdunstende — Lösemittelrest verlorengeht.

Infolge der erforderlichen sehr dichten Einkapselung der Arbeitsmaschinen ist die wirtschaftliche Anwendung dieses mit direkter Destillation arbeitenden Rückgewinnungsverfahrens in der Gummi-Industrie nicht allgemein, sondern nur bei einigen Spezialapparaten möglich.

Für die zweckmäßigste Anpassung der Kondensationsapparatur an diese Apparate sind besonders große Erfahrungen erforderlich, so daß



*Abb. 576. Streichmaschinen-Kondensations-Rückgewinnungs-Anlage nach Rohlin*

es sich empfiehlt, nur solche Firmen mit der Ausführung dieser Apparaturen zu beauftragen, die über eine weitgehende Kenntnis dieses Spezialgebietes verfügen. Unter günstigsten Bedingungen kann es dann möglich sein, Rückgewinnungsausbeuten von 50 bis 80 Prozent zu erzielen.

## Das Kondensations-Umluft-Verfahren

Die vorstehend beschriebenen Nachteile des Destillationsrückgewinnungs-Verfahrens und die Beschränkung seiner Anwendbarkeit auf nur wenige Arten von Trockenapparaten haben die Techniker veranlaßt, die Verflüchtigung des Lösemittels mit Hilfe eines Luftstromes auszuführen. Hierdurch wird erreicht, daß die Verdampfung des Lösemittels bereits bei geringerem Lösemitteldampfdruck stattfindet, so daß bei niedrigen Temperaturen gearbeitet werden kann. Auch wird eine Beschleunigung der Verdunstung erzielt, da die zu trocknende Ware ihr Lösemittel in eine Luftatmosphäre hinein verdunstet, statt in eine Lösemitteldampf-atmosphäre wie bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren. Lösemittelverluste durch Apparaturundichtigkeiten treten natürlich auch hier auf, jedoch sind sie bedeutend kleiner, da ja bei der Verdunstung des Lösemittels keine konzentrierten Dämpfe, sondern nur Dampf-luftgemische entstehen. Die physikalischen Grundlagen des mit Luft arbeitenden Kondensationsverfahrens sind folgende:

Eine gegebene Raummenge eines Gases (z. B. Luft) kann bei jeder Temperatur nur eine bestimmte Menge eines Lösemitteldampfes auf-



nehmen, die z. B. für 20° C in der Tabelle, Seite 807 angegeben ist (z. B. Benzol — rein — 320 g). Das Gas ist also dann mit Lösemitteldampf gesättigt, und zwar ist die Dampfmenge um so höher, je höher die Temperatur ist. Für die wichtigsten Lösemittel der Gummi-Industrie gelten dabei die aus nachstehendem Diagramm (Abb. 577) zu entnehmenden Sättigungswerte.

Beispielsweise enthält also ein gesättigtes Benzoldampf-Luftgemisch bei 50° C 1200 g Benzol/1 cbm, bei 25° C jedoch nur etwa 420 g Benzol/1 cbm. Kühlt man also ein solches Gemisch von 50° auf 25° ab, so sinkt sein Benzolgehalt/1 m<sup>3</sup> um 780 g, d. h. man erhält aus 1 m<sup>3</sup> Luft 780 g flüssiges Kondensat. Eine Kondensatbildung tritt also überhaupt nur dann ein, wenn die Luft mehr Lösemitteldampf enthält als dem Sättigungswerte bei der Kühltemperatur entspricht, d. h. also, daß man der Luft ihren Dämpfgehalt durch Kühlung nur bis zum Sättigungswert der Kühltemperatur entziehen kann.

Hieraus ergibt sich, daß sich der Anwendungsbereich des mit Luft arbeitenden Kondensationsverfahrens auf hochprozentige Lösemittel-luftgemische beschränkt und daß es niemals möglich ist, durch Abkühlung eines Dämpfsluftgemisches auf gewöhnliche Temperatur ihm das

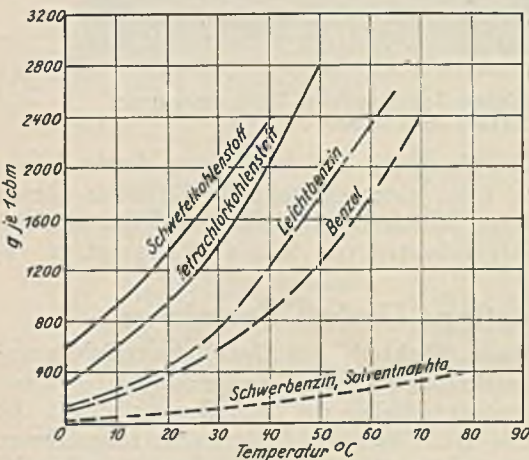


Abb. 577. Sättigungswerte einiger Lösemittel

Lösemittel vollständig zu entziehen. Auf den vorliegenden Anwendungsfall bezogen, besagt dies, daß man die gekühlte Lösemittelluft — nach Abscheidung des Kondensates — wieder in die Verdunstungsapparatur zurückführen muß, wenn man die dem Sättigungswert bei der Kühltemperatur entsprechende Lösemittelmenge nicht verlorengewill (also z. B. bei obigem Benzolbeispiel 420 g von 1200 g, d. h. 35%). Das nach diesem

Gesichtspunkt arbeitende Kondensationsverfahren nennt man Umluftverfahren. Es ist durch folgendes Schema gekennzeichnet (Abb. 578).

Von dem Luftherhitzer her wird Warmluft durch den Verdunstungsapparat (Streichmaschine) mittels eines Ventilators angesaugt und dann durch den Kondensator zum Luftherhitzer zurückgedrängt. Dabei wird im Kondensator die Luft unter ihren Taupunkt für das Lösemittel (Benzin) abgekühlt, so daß es sich kondensiert, und zwar um so mehr, je größer die Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Austrittsluft beim Kondensator ist. Eine gewisse Wärmeersparnis läßt sich noch dadurch erzielen, daß man die aus dem Verdunstungsapparat austretende warme Lösemittelluft benutzt, um die eintretende Luft vorzuwärmen. Bei Anwendung

eines solchen Wärmeaustauschers kann man meist auf einen besonderen Lufterhitzer verzichten, wenn dem Verdunstungsapparat (z. B. Streichmaschine) direkt ausreichende Wärmemengen zugeführt werden.

Für die Ausführung des Umluftverfahrens sind verschiedene Vorschläge gemacht worden, von denen die nachstehenden für die Gummi-Industrie von besonderem Interesse sind.

Die Lösemitteldämpfe werden mittels eines unteren, seitwärts von der Streichmaschine angebrachten Ventilators durch eine Saugtasche von der abgedeckten Heizplatte abgesaugt und dem unter der Maschine liegenden Kühler zugeführt. Das hier kondensierte Benzin wird zum Sammeltank geleitet, während die Austrittsluft — die bei der durch die Kühlung erreichten Temperatur noch mit Benzindämpfen gesättigt ist — durch ein an der anderen Seite der Heizplatte befindliche Verteilertasche wieder in den Verdunstungsraum zurückgeführt wird (Abbildung 579).

Das Verfahren wird auch bei Tauchapparaten angewandt, und zwar arbeiten hierbei zweckmäßig zwei Tauchapparate auf einen Kondensator, der zwischen ihnen liegend — unten — angebracht ist. Von dem Kondensator wird die Luft mittels eines Ventilators durch einen Vor-

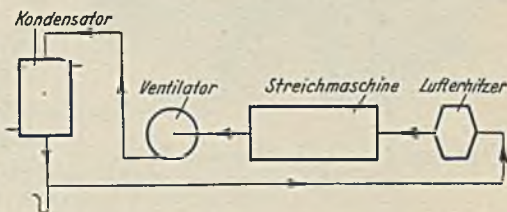


Abb. 578. Kondensations-Umluft-Verfahren

Das Verfahren wird auch bei Tauchapparaten angewandt, und zwar arbeiten hierbei zweckmäßig zwei Tauchapparate auf einen Kondensator, der zwischen ihnen liegend — unten — angebracht ist. Von dem Kondensator wird die Luft mittels eines Ventilators durch einen Vor-

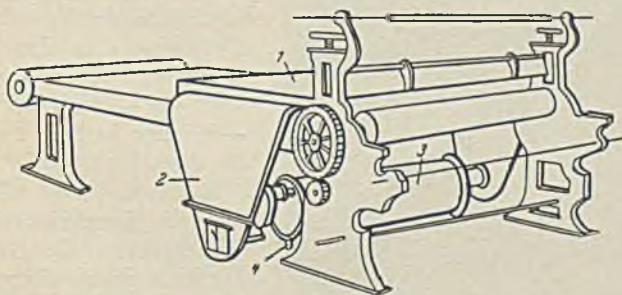


Abb. 579. Benzin-Rückgewinnungsanlage einer Gummi-fäden-Streichmaschine (Apparatebau-Ges. Rohlin)

1. Abdeckhaube, 2. Saugtasche, 3. Kondensator, 4. Benzinablauf

wärmer dem oberen Teil des Tauchapparates zugeführt, wobei die Temperatur zweckmäßig auf etwa  $30^\circ$  gehalten wird. Die mit Lösemitteldampf beladene Luft wird dann aus dem unteren Teil des Apparates zum Kondensator hingesaugt. Da die Temperatur der Verdunstungsluft mit Rücksicht auf die Erzeugung einer guten Ware nicht zu hoch sein darf, steht nur ein geringes Temperaturgefälle für die Kondensation der Benzindämpfe zur Verfügung; eine ausreichende Wirtschaftlichkeit bezüglich des Rückgewinnungsprozentsatzes kann daher nur erreicht werden,



wenn besonders kaltes Kühlwasser — eventuell durch Gebrauch einer Kältemaschine — zur Verfügung steht.

Bei den It-Walzwerken erfolgt die Rückgewinnung nach dem Umluftverfahren in ähnlicher Weise, wobei die Walzen durch eine Blechumhüllung vollständig — bis auf einen Einwurfschlitz — eingekapselt werden.

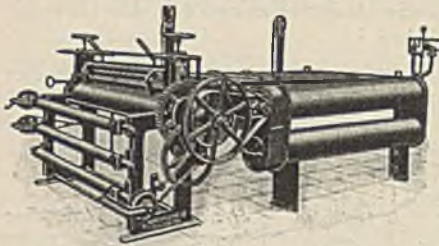


Abb. 580. Streichmaschine nach Schirm mit Rückgewinnung

dem Kondensator, der unmittelbar an das, den Wärmetisch umschließende Gehäuse angebaut ist. Die Deckel dieses Gehäuses sind aufklappbar, so daß die Stoffe ungehindert eingezogen werden können.

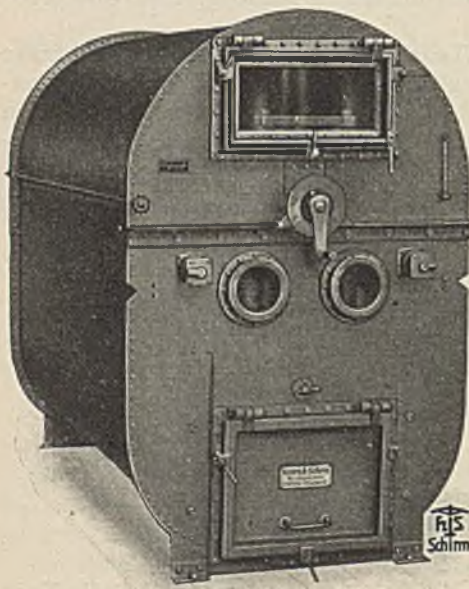


Abb. 581. Tauchapparat nach H. Schirm, mit Rückgewinnung

Besonders raumsparende Rückgewinnungseinrichtungen, die in die Verdunstungsapparatur direkt eingebaut sind, gibt die Abbildung 580 wieder.

Bei dieser Streichmaschine saugt ein Ventilator die über dem Wärmetisch befindlichen Dämpfe ab und drückt sie direkt nach

Wie aus Abb. 581 ersichtlich, ist der Schirmsche Tauchapparat trotz der Rückgewinnungseinrichtung sehr kompakt gebaut. Die Einrichtung zur Rückgewinnung des Lösemittels liegt auf der Rückseite; ein Ventilator zieht die Dämpfe in den dort befindlichen Kondensator und führt sie — nach Vorwärmung — wieder in den Tauchapparat zurück.

Während bei den vorstehend beschriebenen Umluftverfahren die Umwälzung der Luft durch einen Ventilator vorgenommen wird, verzichtet Boecler auf diesen mechanischen Antrieb, indem er die durch Erwärmung eintretenden Dichteunterschiede des Dämpfe - Luftgemisches zur Bewegung der Luft ausnutzt. (D.R.P. 294 097, 362 095,

372 012, 392 367, 410 884, 419 935, 460 517, 467 076, 490 665, 518 753, 532 381.) Das Prinzip der Arbeitsweise ist aus Abb. 582 ersichtlich.

Durch die nur auf der einen Seite des Kondensationsraumes befindlichen Heizrohre und die unsymmetrische Anordnung der Kühlflächen

wird ein fortwährender innerer Gaskreislauf über den Heitzisch und durch den Kühl- und Kondensationsraum erreicht, wobei die Luftführung quer zur Stoffbewegung stattfindet, so daß keine Außenluft am Stoffeintrittsschlitz in die Maschine mit hineingerissen wird. Am Austritts-

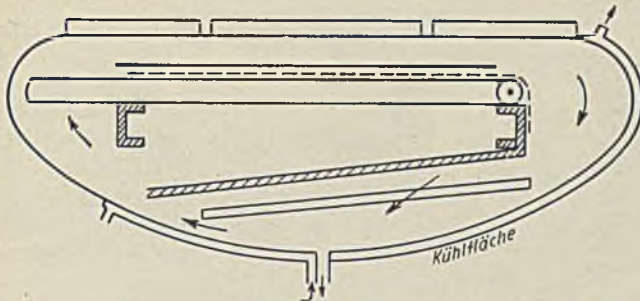


Abb. 582. Kondensations-Einrichtung, Streichmaschine nach A. Boecler (Martini & Hüneke, Berlin)

schlitz wird durch zwei Lederstreifen — nach Art eines Lippenventiles — für gute Abdichtung gesorgt, und mit Hilfe von Türen und Fenstern ist das Innere der Apparate gut zugänglich.

Das Prinzip dieser Arbeitsweise ist auch bei Tauchapparaten und Itplattenwalzwerken anwendbar (Abbildung 583). Hierbei befindet sich im unteren Teil des Apparates — auf der einen Seite vom Tauchkasten — ein Kühlsystem, dem die Lösemittel-luft — durch die Drehung des Tauchkreuzes bewegt — zugeführt wird. Die sich kondensierenden Dämpfe fließen nach unten ab, während die Luft unter dem Tauchkasten nach der anderen Seite des Apparates strömt, wo sie mit Heizrohren in Berührung kommt und so wieder zum Auftrieb in den Verdunstungsraum gebracht wird. Der Tauchkasten ist von Isoliermaterial umhüllt, so daß er dem Einfluß der Heiz- und Kühleinrichtungen im unteren Teil des Tauchapparates entzogen ist.

Technische Ausführungen der in der Gummi-Industrie gebräuchlichen Apparate nach dem Boecler-Umluftverfahren geben die Abb. 584, 585, 586 wieder.

Das Boecler-Umluftverfahren kann den Betriebsverhältnissen fast immer sehr gut angepaßt werden. Bei Streichmaschinen wird der Gefahr einer einseitigen Trocknung der Stoffbahn durch intensive Luftzirkulation und durch unterschiedliche Luftichtung in den verschiedenen

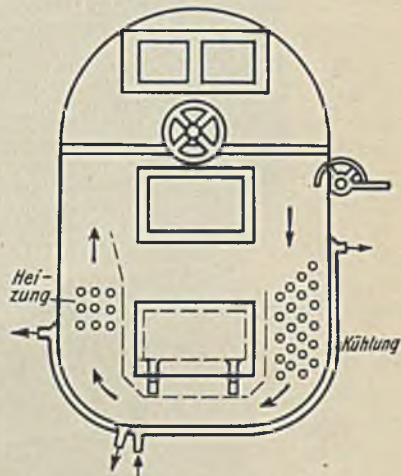


Abb. 583. Schema eines Tauchapparates nach Boecler (Martini & Hüneke, Berlin)



Verdunstungszonen — bei größerer (18 m langer) Streichmaschine sind bis acht Kondensationszonen vorhanden — begegnet. Die Bedienung der Apparate erfordert keine besonderen technischen Kenntnisse, da es sich

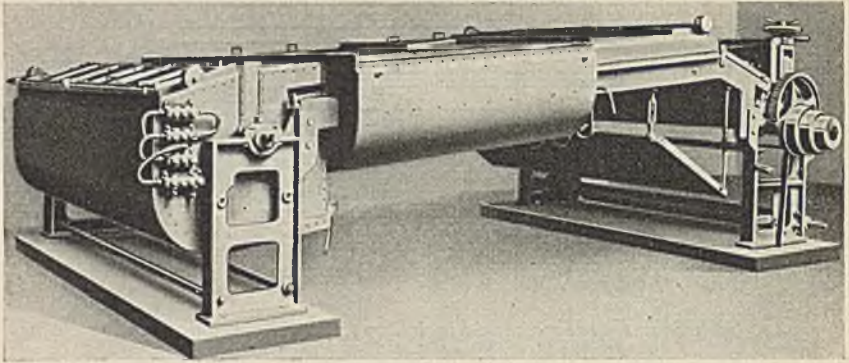


Abb. 584. Gummistreichmaschine mit Rückgewinnungseinrichtung nach Boecler

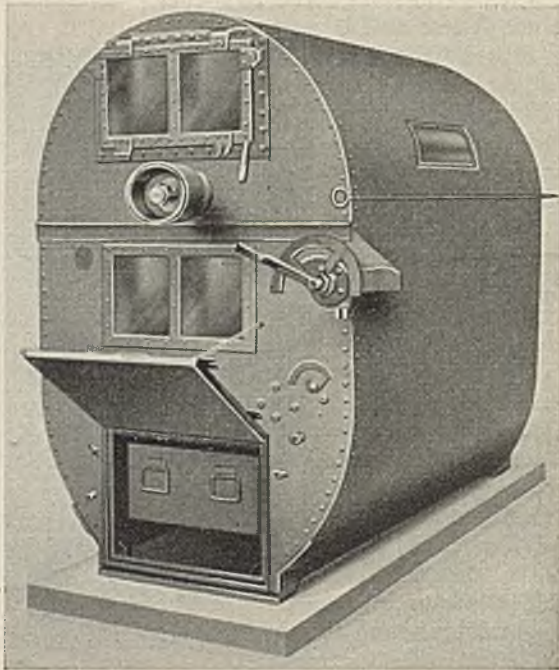


Abb. 585. Tauchhaus mit Rückgewinnungseinrichtung nach Boecler

ja nur um eine empirisch leicht zu erlernende Regelung des Kühlwasser- und Dampfzutritts handelt. Da kein besonderer Kraftaufwand erforderlich ist, sind die Betriebsspesen sehr gering. Das Rückgewinnungsergeb-

nis hängt in hohem Maße von den örtlichen Arbeitsbedingungen ab; besonders wichtig ist, daß die großen Fenster der Verdunstungshauben nicht unnötig geöffnet werden, da der Eintritt von Nebenluft in den Apparat immer eine Störung des Rückgewinnungsvorganges mit sich bringt. Wird nach den Betriebsvorschriften der Fabrikanten gearbeitet, so soll mit Rückgewinnungsausbeuten von 75 bis 85% des Lösemittel-einsatzes gerechnet werden können. Wesentlich ist hierfür auch eine möglichst niedrige Kühlwassertemperatur, jedoch lohnt es sich für die

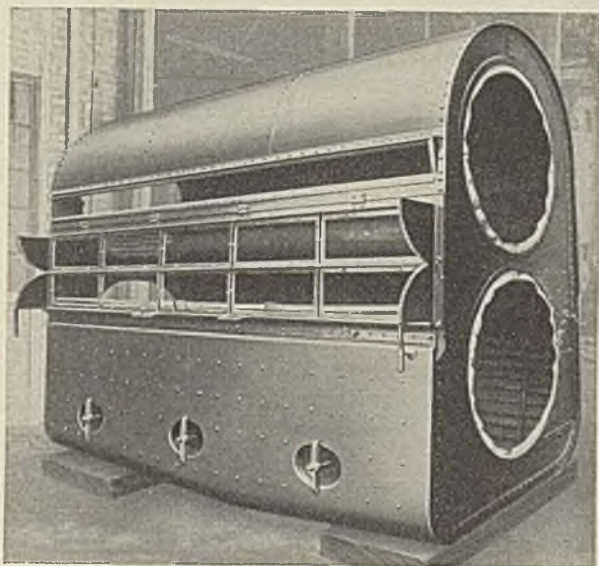


Abb. 586. It-Kalender, Rückgewinnungseinrichtung,  
nach Boecler

Gummi-Industrie in der Regel nicht, eine besondere künstliche Kühlung anzuwenden.

Die Ausbeutebestimmung bei den Kondensationsverfahren erfolgt, indem man das Gewicht und den Lösemittelgehalt der eingesetzten Masse feststellt und mit der Kondensatmenge vergleicht. Ist die Rückgewinnungsausbeute gering, so kann dies an Lösemittelverlusten an undichten Stellen der Einkapselung liegen oder einer ungenügenden Trocknung der Ware. Das letztere stellt man fest, indem man — möglichst nach jedem Strich — einen Streifen der Stoffbahn bis zur Gewichtskonstanz trocknet. Aus dem Gewichtsverlust der Ware kann man dann auf die Höhe des eingetretenen Lösemittelverlustes schließen. Ungenügende Trocknung der Ware kann durch nicht ausreichende Beheizung oder durch unrichtige Umluftführung bedingt sein; seltener wird ungenügende Kühlung der Umluft die Ursache sein.

Da bei dem Umluftverfahren die Kühlung in der Regel unter dem Taupunkt der Luft für Wasserdampf erfolgt, so wird außer dem Löse-



mittel, in geringem Maße auch Wasser kondensiert. Da beide Komponenten nicht mischbar sind und sich in ihrem spezifischen Gewicht stark unterscheiden, so kann ihre Trennung in einfacher Weise in einem sogenannten Abscheider — Florentiner Flasche — vorgenommen werden. Das so erhaltene Benzin ist in der Regel etwas ärmer an schwer flüchtigen Anteilen als das Ursprungsbenzin, da gerade ein Teil der schwerer flüchtigen Anteile auf der Streichmaschine nicht mehr zur Verdunstung gelangt, sondern sich erst nachher allmählich aus der Ware verflüchtigt. Diese geringe Veränderung der Benzinbeschaffenheit beeinflusst nicht seine Wiederverwendbarkeit.

Die geringe Löslichkeit des Benzins in Wasser (maximal 1,5 kg/1 cbm) hat einige Konstrukteure veranlaßt, die Kondensation der Benzindämpfe in Berieselungskühlern — also durch direkte Berührung der Dämpfe mit Wasser — vorzunehmen. Dabei tritt jedoch eine starke Durchfeuchtung der Luft ein und der Kühlwasseraufwand ist erheblich höher als bei indirekter Kühlung; ferner sind die Benzinverluste, die durch die — wenn auch nur geringe — Löslichkeit des Benzins in Wasser und vor allem Dingen durch Emulsionsbildung eintreten, nicht unerheblich. Das Arbeiten mit direkter Kühlung hat daher keinen Eingang in die Gummi-Industrie gefunden. Ungeeignet sind auch die Dämpfe-Abscheidungsverfahren, die sich der Kompression bedienen, da die Kompression von Benzindampf-Luftgemischen immer eine gefährliche Arbeitsweise ist, insbesondere bei dem wenig kontinuierlichen Betrieb der in der Gummi-Industrie gebräuchlichen Verdunstungsapparate.

Ein großer Nachteil der Kondensationsverfahren liegt in der Schwierigkeit, nur eine zentrale Kondensationseinheit für eine größere Zahl von Verdunstungsstellen anzuwenden. Zwar ist eine solche Arbeitsweise — Absaugung von z. B. mehreren Streichmaschinen durch einen Ventilator, der die Luft durch einen Kondensator und dann wieder zu den Streichtischen führt — wiederholt vorgeschlagen worden, ohne jedoch in die Praxis Eingang gefunden zu haben. Die Arbeit der Streichtische ist zu ungleichmäßig und infolgedessen der Lösemittelgehalt in einer solchen Anlage zu schwankend; dazu kommt die Schwierigkeit, zu jeder Streichmaschine gerade die benötigte Menge Verdunstungsluft wieder zurückzuführen — ein Erfordernis, das es praktisch unmöglich macht, den für ein gutes Kondensations-Rückgewinnungsergebnis unbedingt erforderlichen gleichmäßig hohen Lösemittelgehalt in der abgesaugten Luft zu erzielen.

Ein weiteres wesentliches Bedenken gegen alle Kondensations-Rückgewinnungsanlagen ist die mit ihrer Arbeitsweise verbundene Explosionsgefahr. Bei Inbetriebsetzung des Verdunstungsapparates steigt der Lösemittelgehalt der Luft allmählich von Null an bis zu dem Gehalt, bei dem eine Kondensation wirtschaftlich ist. Dabei durchläuft die Lösemittelkonzentration zunächst die ganze Explosionszone (siehe Tabelle Seite 807), um schließlich in der Verdampfungszone weit oberhalb der oberen Explosionszone zu liegen. Bei der Kühlung fällt der Lösemittelgehalt dann oft wieder bis in die Explosionszone. Daher sind Kondensations-Rückgewinnungsanlagen immer eine gewisse Betriebsgefährdung.

Zwar hat es nicht an Bestrebungen gefehlt, durch Anwendung von Schutzgas — d. h. einem sauerstofffreien, nicht brennbaren Gase — an Stelle von Luft als Trägergas für den Lösemitteldampf die Gefahr zu bannen. (D. R. P. 381 834, 444 913, 445 564, 480 747, Öst. P. 95 807.) Jedoch haben diese Vorschläge bisher keine dauernde praktische Verwirklichung gefunden, da der Gebrauch eines solchen Schutzgases — billiges Rauchgas kommt wegen seines Kohlenoxydgehaltes nicht in Frage — teuer ist, namentlich infolge der unvermeidlichen Verluste aus der Verdunstungsmaschine in den Arbeitsraum. Ein anderer Vorschlag (Boecker) geht dahin, vor der Inbetriebnahme der Verdunstungsmaschine in den Kühlraum etwa 1 Liter Lösemittel zu verteilen, so daß die Luft in allen Teilen des Apparates bei Beginn der Verdunstung bereits über der oberen Explosionsgrenze liegt.

Jedoch ist auch dies nur eine Teilhilfe, so daß als wesentlichste Vorsichtsmaßregel die sorgfältigste Vermeidung jeder Funken- und Flammenbildung in der Apparatur bleibt. Die Gefahr zu einer solchen Funkenbildung liegt besonders bei Streichmaschinen vor, da sich der gummierte Stoff durch Reibung elektrisch auflädt. Jedoch kann eine ähnliche Erscheinung auch bei den Treibriemen durch Gleiten auf den Riemenscheiben eintreten. Die so entstehenden elektrischen Ladungen finden dann plötzlich unter Funkenbildung ihren Ausgleich, falls nicht für genügende Erdung aller Teile der Maschine gesorgt ist. Insbesondere muß bei den sich aufladenden, bewegten Nichtleitern — also z. B. der gummierten Stoffbahn — die Ladung fortlaufend durch Schleifkontakte abgeführt werden. Auf Riemenantrieb der Maschine verzichtet man zweckmäßig überhaupt; Elektromotore müssen jedoch auch besonders explosions sicher gekapselt sein.

Aus vorstehendem ergibt sich, daß man beim Bau von Kondensations-Rückgewinnungsanlagen zahlreiche Momente zu berücksichtigen hat, wenn man ein gutes Rückgewinnungsergebnis und gleichzeitig eine gute Ware erhalten will, ohne daß die Betriebssicherheit gefährdet wird. Es ist daher in den meisten Fällen empfehlenswert, beim Bau von Kondensations-Rückgewinnungsanlagen auf die bei den Spezialfirmen vorliegenden Sondererfahrungen zurückzugreifen, da ein Experimentieren auf eigene Faust in den meisten Fällen nur Betriebsgefährdungen und Geldverlust bedeutet.

## Absorptions-Verfahren

Schon früher ist darauf hingewiesen worden, daß man durch stärkere Absaugung an den Verdunstungsapparaten die Lösemittelverluste in dem Arbeitsraum vermeiden und die Trocknung der Ware beschleunigen kann. Diese Vorteile und die Aussicht, die Betriebssicherheit durch Herabsetzung des Lösemittelgehaltes unter die untere Explosionsgrenze wesentlich zu verbessern, haben zur Entwicklung von Verfahren geführt, die die Rückgewinnung von Lösemitteln auch bei sehr geringen Gehalten der abgesaugten Luft gestatten, ohne daß eine Rückführung der Lösemittelluft in den Verdunstungsapparat erforderlich ist. Eine solche Arbeitsweise gestattet also den Bau von zentralen Rückgewinnungs-



anlagen, denen die Lösemittelluft von allen Verdunstungsstellen des Betriebes — es kann sich z. B. um viele hundert Streichmaschinen oder Tauchapparate handeln — zugeführt wird.

Bei den »Absorptions-Verfahren« bringt man die Lösemittelluft mit viskosen Flüssigkeiten in Berührung, die den Lösemitteldampfdrück erheblich herabzusetzen vermögen, d. h. den Lösemitteldampf begierig aufnehmen. Man nennt diese Flüssigkeiten Waschöle; ihre Wirkungsweise wird durch die folgende Betrachtung verständlich.

Bringt man in eine größere Flasche, die eine kleine Menge Waschöl — z. B. Paraffinöl — enthält, Benzindampf hinein und schüttelt um, so mischt sich der Benzindampf nicht nur mit der Luft, sondern auch mit dem Waschöl, in dem er sich auflöst. Es stellt sich dabei ein Gleichgewichtszustand ein, so daß ein bestimmter Benzingehalt im Waschöl immer einem bestimmten Benzingehalt in der Luft entspricht, d. h. beim Gleichgewichtszustand haben Waschöl und Luft die gleiche Partialtension wie Benzindampf. Die Beladbarkeit des Waschöles mit Benzin

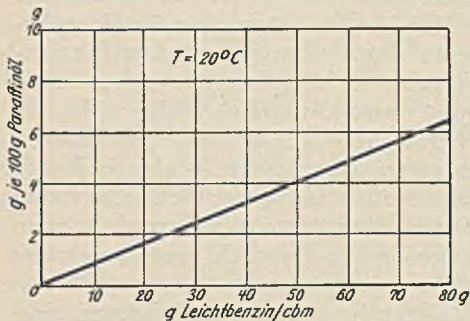


Abb. 587. Beladbarkeit von Paraffinöl für Benzindampf aus Luft

ist dabei um so höher, je höher der Benzingehalt der Luft — d. h. die Partialtension des Benzindampfes in der Luft — ist; für 20° gilt für Benzin und Paraffinöl die nachstehende Beladungskurve (Abb. 587).

Die durch diese Beladungskurve wiedergegebene Gesetzmäßigkeit findet ihren Ausdruck in dem H e n r i c h s e n Absorptionsgesetz:

»Die Dämpfe lösen sich in einem Absorptionsmittel proportional ihrem Partialdruck.«

Hieraus folgt ferner, daß die Partialtension des Benzins (wie eines jeden Gases oder Dampfes) mit steigender Temperatur ansteigt, so daß die Beladbarkeit des Waschöles mit Benzindampf mit steigender Temperatur geringer wird. Dies wirkt sich so aus, daß z. B. bei 30° die Beladungshöhe nur zwei Drittel derjenigen bei 20° beträgt. Steigert man die Temperatur des Waschöles erheblich, z. B. über die Siedetemperatur des Lösemittels hinaus, so sinkt seine Beladungshöhe für das Lösemittel schließlich auf 0%.

Hieraus folgt, daß man durch Temperatursteigerung das Lösemittel wieder aus dem Waschöl in Dampfform austreiben und gewinnen kann. Einen ebensolchen Einfluß wie die Temperatursteigerung hat Wasserdampf; man kann also auch Wasserdampf bei der Abtreibung des Lösemittels aus dem Waschöl benutzen. Andererseits wirkt Wasserdampf auch schon bei gewöhnlicher Temperatur auf die Beladbarkeit des Waschöles mit Benzindämpfen ein in dem Sinne, daß bei der Absorption von Benzindampf aus Wasserdampf enthaltender Luft — wie sie im Betrieb immer vorliegt — eine wesentlich geringere Beladungshöhe —

praktisch die halbe — erreicht wird als in obiger Kurve (die für Trockenluft gilt) angegeben ist.

Die technische Ausführung des Absorptionsverfahrens spielt sich so ab, daß die Lösemittelverdunstungsstellen des Betriebes mit möglichst dicht schließenden Abzugshauben umgeben werden, die durch Rohrleitungen mit einem gemeinsamen Absaugventilator verbunden sind. Durch geeignete Bemessung der Rohrleitungen bzw. durch Betätigung von Drosselorganen, die in die Rohrleitungen eingebaut sind, kann an jeder Verdunstungsstelle die gewünschte Luftmenge abgesaugt werden. Die Absaugung erfolgt so stark, daß der Lösemittelgehalt der Luft immer unterhalb der unteren Explosionsgrenze liegt, also maximal 40 g/1 cbm erreicht. Durch Einbau Davyscher Sicherheitsdrahtgewebe bzw. von mit Steinkugeln gefüllten Behältern in die Absaugleitung einer jeden Verdunstungsstelle wird noch eine besondere Brandsicherung erzielt, die jede Brand- oder Explosionsübertragung verhindert. Da die Lösemittel-

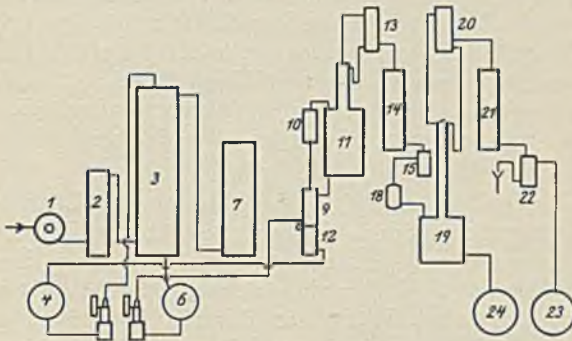


Abb. 588. Schema einer Absorptions-Rückgewinnungsanlage des Cheminova-Verfahrens (Martini & Hüneke, Berlin)

luft infolge ihres geringen Lösemittelgehaltes nicht brennbar ist — und eine Brandübertragung von einer Verdunstungsstelle zur anderen durch die Rohrleitungen infolgedessen ausgeschlossen ist — kommt diese Sicherung nur für den Fall in Betracht, daß bei einem Stillstand des Ventilators eine übermäßige Anreicherung an Lösemitteldampf in den Rohrleitungen eintritt. Die apparative Durchführung des Absorptionsverfahrens ist aus Abb. 588 ersichtlich, die eine besonders zweckmäßige Apparaturgestaltung wiedergibt, wie sie von der Cheminova, Gesellschaft zur Verwertung chemischer Verfahren, Berlin, zur Ausführung gelangt.

Die Lösemittelluft wird von dem Ventilator (1) zu der zentralen Absorptionsanlage gefördert. Sie passiert hier — gegebenenfalls nach Abkühlung auf Normaltemperatur in einem Gaskühler (2) — einen Wäscher (3), d. h. einen mit Holzhorsten oder Füllkörpern ausgesetzten eisernen Behälter, in dem das Waschöl abwärts fließt, während die Lösemittelluft aufwärts steigt (Gegenstromprinzip). Dadurch wird einerseits eine besonders hohe Anreicherung des Waschöles mit Lösemittel und



andererseits eine besonders weitgehende Befreiung des Luftstromes von den Lösemitteldämpfen erreicht, da ja das frische Lösemittel immer mit der im unteren Teil des Adsorbers schon vorgewaschenen Lösemittelluft in Berührung kommt. Die aus dem Waschturm entweichende Luft enthält nur noch geringe Mengen Lösemittel und Spuren des flüchtigen Waschöles und wird durch einen Waschöl-Abscheider (7) ins Freie geführt. Das aus dem Waschturm ablaufende Waschöl ist mit Lösemittel angereichert und fließt zunächst in einen Sammelbehälter (6) von wo es mittels einer Pumpe (8) über einen Wärmeaustauscher (9) und Erhitzer (10) einem Abtreiber (11) zugeführt wird. Dieser Abtreiber ist z. B. eine mit Tellerböden ausgestattete Spaltkolonne, in der dem heißen Waschöl hochgespannter Dampf (von 140 bis 160°) entgegenströmt, der das Lösemittel aus dem Waschölgemisch dampfförmig austreibt. Am Kopfe der Abtreibekolonne tritt ein Gemisch von Wasser- und Lösemitteldampf aus, das nach Dephlegmation (13) in einem Kühler (14) kondensiert wird. Das Kondensat wird in einem Abscheider (15) getrennt und das Lösemittel fließt dann in einen Sammelbehälter (18). Das Lösemittel enthält in der Regel noch geringe Mengen (etwa 5 bis 20%) Waschöl, von denen es durch eine zusätzliche sorgfältige Rektifikation (Apparate 19 bis 24) befreit wird, da ja für seine Wiederverwendung die vollständige Abwesenheit von schwer flüchtigen Waschölbestandteilen Voraussetzung ist.

Das aus der Spaltkolonne (11) abfließende, vom Lösemittel befreite Waschöl wird zunächst durch den oben erwähnten Wärmeaustauscher (9) geleitet, der in entgegengesetzter Richtung von dem beladenen Waschöl durchströmt wird. Das abgetriebene Waschöl gibt hier zunächst einen großen Teil seiner Wärme an das mit Lösemittel angereicherte Waschöl ab und wird dann in einem Kühler (12) auf Normaltemperatur gebracht. Weiterhin fließt es in einen Sammelbehälter (4), von dem aus es wieder mittels einer Pumpe (5) auf den Wäscher (3) gelangt.

Bei dem Cheminova-Verfahren wird die Waschung der Lösemittelluft neuerdings auch in einem Feldschen Schleuderwäscher durchgeführt, der sich durch besonders geringe Abmessungen von den sonst gebräuchlichen, mit Horden ausgesetzten Waschtürmen unterscheidet. Die Berührung zwischen Luft und Waschöl ist hier besonders innig und das Gegenstromprinzip gelangt in technisch vollkommener Weise zur Anwendung, so daß der Luft das Lösemittel sehr weitgehend entzogen wird.

Das Verfahren arbeitet vollständig kontinuierlich, so daß sich die Bedienung der Apparate auf die Kontrolle der Temperaturen, des Kühlwasser- und Dampfzuflusses und der Wartung der Pumpen beschränkt.

Der aus Abb. 589 ersichtliche Aufbau einer Absorptionsanlage gestattet die Bedienung der Apparate von einer zentralen Überwachungsstelle aus.

Für das wirtschaftliche Ergebnis des Absorptionsverfahrens ist eine gute Waschölqualität von großer Bedeutung. Für die Gummi-Industrie kommen praktisch nur Kohlenwasserstofföle in Frage, da es sich hier ja immer um die Absorption von Kohlenwasserstoffen — in Ausnahmefällen

chlorierten — handelt. Die Flüchtigkeit dieser Waschöle — gleichgültig, ob es sich um Destillate des Steinkohlenteers, des Braunkohlenteers oder des Erdöles handelt — soll bei  $20^{\circ}$  nicht über  $1 \text{ g/1 cbm}$  liegen, eine Bedingung, der in der Regel genügt ist, wenn das Waschöl keine unter  $200^{\circ}$  siedenden Anteile enthält. Die obere Siedegrenze soll  $400^{\circ}$  nicht überschreiten.

Noch wichtiger als diese Siedegrenze ist die Viskosität des Öles, die zwischen 2 bis  $4^{\circ}$  E liegen soll. Das Waschöl muß die eine große Ober-

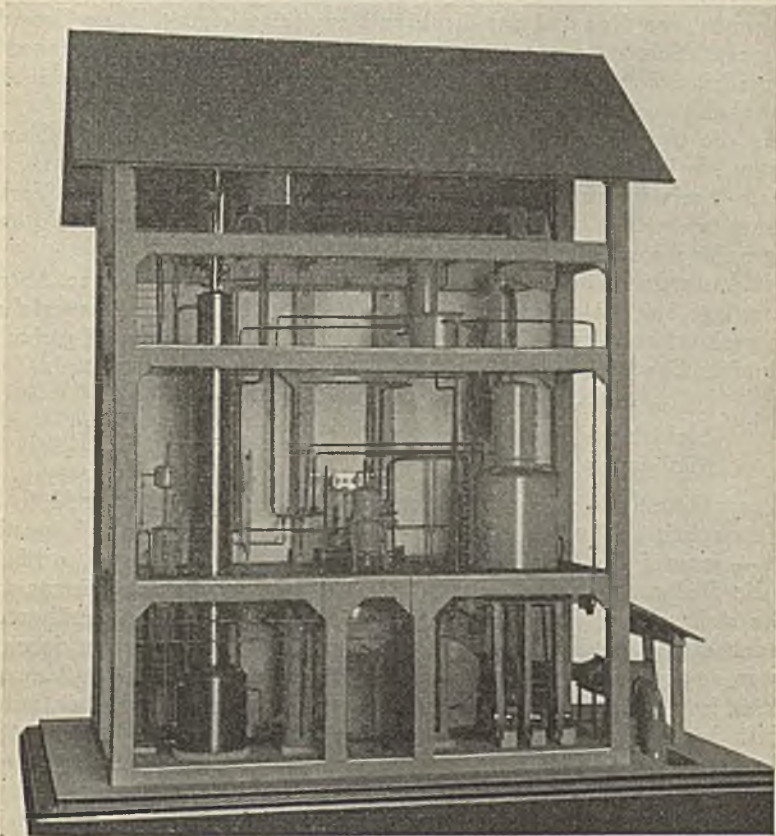


Abb. 589. Eine Absorptions-Rückgewinnungsanlage mit zentraler Überwachungsstelle (Cheminova-Verfahren Martini & Hüneke, Berlin)

fläche darbietenden Füllkörper des Waschturmes mit einem dünnen Flüssigkeitsfilm überziehen, der die Lösemitteldämpfe aus dem Luftstrom aufsaugt. Ist dieser Film zu dünn — bei einem schnell abfließenden, wenig viskosen Öl —, so ist die Lösemittelkapazität der im Waschturm enthaltenen Ölmenge zu gering; ist er zu dick — bei einem sehr zähflüssigen Öl —, so ist die Intensität der Lösemittelaufnahme zu gering. In beiden Fällen wird die aus dem Waschturm austretende Luft noch



einen hohen Lösemittelrestgehalt haben, während das abfließende Waschöl mit Lösemitteln nicht ausreichend gesättigt ist.

Die in der Technik angewandten Frischwaschöle haben in der Regel bezüglich Flüchtigkeit und Viskosität optimale Eigenschaften. Jedoch nimmt ihre Viskosität im Laufe des Betriebes meist zu, so daß von Zeit zu Zeit eine Auswechslung des Waschöles (zwecks Regeneration durch Destillation) erforderlich ist. Diese Verdickung des Öles wird bewirkt durch den Luftsauerstoff, saure Gasbestandteile — z. B. Vulkanisationsabgase (Chlorschwefel!) —, den sich immer wiederholenden Temperaturwechsel des Öles und der direkten Dampfeinwirkung. Diese Ursachen bewirken allein oder zusammen eine Polymerisation oder Kondensation der niedrigmolekularen Waschölbestandteile, was sich äußerlich in einer Verdickung des Öles zeigt.<sup>6</sup>

Für die Apparatur kann durchweg Eisen als Baumaterial benutzt werden, da ja weder aus den neutralen Waschölen noch aus den Lösemitteln korrodierend wirkende Produkte entstehen können. Voraussetzung ist auch hierbei, daß Vulkanisationsabluft aus der Rückgewinnungsanlage sorgfältig ferngehalten wird.

Die laufenden Rückgewinnungsspesen für den Betrieb einer Absorptionsanlage sind naturgemäß höher als bei dem Kondensationsverfahren. Man rechnet bei einem Lösemittelgehalt der Luft von etwa 25 g/cbm mit folgendem Energieaufwand für 1 kg rückgewonnenes Lösemittel:

Dampf (einschließlich Rektifikation) . . . . .	5—6 kg
Elektrische Kraft etwa . . . . .	0,2 kWh
Kühlwasser . . . . .	120—150 kg

Hierzu kommt noch der Aufwand an Waschöl (etwa 12.— RM % kg), der zwischen 25 und 125 kg für 1000 kg rückgewonnenes Lösemittel liegt — je nach der Betriebsintensität der Absorptionsanlage. An Löhnen für die Bedienung einer Anlage ist ein Mann pro Schicht einzusetzen.

Die sich so im ganzen ergebenden höheren Unkosten gegenüber dem Kondensationsverfahren werden jedoch mehr als ausgeglichen durch die höhere Ausbeute an rückgewonnenem Lösemittel. Dadurch daß es möglich ist, im Betriebe alle Verdunstungsstellen zu erfassen und da mit der Abluft des Wäschers bei einigermaßen aufmerksamer Bedienung der Absorptionsanlage nur 1 bis 2 g Lösemittel/m<sup>3</sup> Luft verlorengehen, so kann mit einer Ausbeute von 85 bis 90% der in die Absorptionsapparatur hineingebrachten Lösemittelmenge gerechnet werden. Hierbei ist Voraussetzung, daß die Arbeitsbedingungen der Absorptionsanlage — der Lösemittelgehalt der Luft, die Luftmenge, die Absorptionstemperatur, die Beschaffenheit des Waschöles, Dampfdruck und Dampftemperatur —

<sup>6</sup> Für Sauerstoff enthaltende Lösemittel — Alkohole, Äther, Ester und Ketone — gibt es Waschöle — namentlich Phenole, z. B. Tricresol —, die eine sehr hohe Beladbarkeit aufweisen, da sie mit den genannten Lösemitteln Molekülverbindungen bilden (D. R. P. 388 351, Brégeat). Die Anwendung dieser besonders teureren Öle hat jedoch für die Gummi-Industrie keinen technischen Wert, da sie sich gegenüber den hier gebräuchlichen Lösemitteln (Benzin, Benzol, Schwefelkohlenstoff, chlorierte Kohlenwasserstoffe) nicht günstiger verhalten als die billigen Kohlenwasserstoffe.

ziemlich gleichmäßig sind, da es bei einem solchen, ausgesprochen kontinuierlichen Betrieb, wie ihn eine Absorptionsanlage darstellt, ja nicht möglich ist, die Waschölberieselung und die Dampf- und Kühlwasserdosierung beim Abtreiben des Lösemittels jeweils schwankenden Betriebsbedingungen anzupassen. Wird z. B. die Beschäftigung des Betriebes geringer, so verringern sich dadurch die laufenden Betriebskosten der Waschölanlage durchaus nicht immer im gleichen Maße; auch kann der Betrieb der Absorptionsanlage nicht den Schwankungen im Lösemittelgehalt der Luft angepaßt werden, wie er z. B. in einem Streichmaschinenbetrieb unvermeidlich ist, da ja bei jedem neuen Strich andere Lösemittelmengen verdunstet werden als bei dem früheren.

Besondere Beachtung verlangt noch die restlose Befreiung des wiedergewonnenen Lösemittels von Waschölbestandteilen durch Rektifikation, da sonst die Ware durch Waschöl verdorben wird.

Der Bau von Absorptionsanlagen verlangt daher eine mindestens gerade so große technische Spezialerfahrung wie der Bau von Kondensationsanlagen, so daß man sich auch hier zweckmäßig der zahlreichen Firmen bedient, die auf diesem Gebiete — teilweise seit Jahrzehnten — mit Erfolg tätig sind.

## Adsorptions-Verfahren

Während sich die Absorptionsverfahren flüssiger Körper bedienen, um die Lösemitteldämpfe aus der Luft abzuscheiden, verwenden die Adsorptionsverfahren hochporöse, feste Körper, deren Zergliederung durch feinste Kapillaren von 0,7 bis 5  $\mu\mu$  Durchmesser ihnen eine »innere Oberfläche« von 400 bis 800  $m^2/g$  Substanz gibt. Auf dieser ungeheuren Oberfläche werden die Dämpfe der Lösemittel durch adsorptive Kräfte als Film gebunden, indem der Partialdruck der Dämpfe so stark herabgesetzt wird, daß sie sich in den Kapillaren kondensieren (wozu theoretisch ein Druck von mehreren tausend Atmosphären erforderlich ist.) Die Intensität dieser Bindung der Dämpfe ist wesentlich größer als bei ihrer Auflösung in Waschöl; das zeigt der aus Abb. 590 ersichtliche Vergleich der Aufnahmefähigkeit von Waschöl und Aktiv-Kohle für Benzoldämpfe aus Luft bei 20° C.

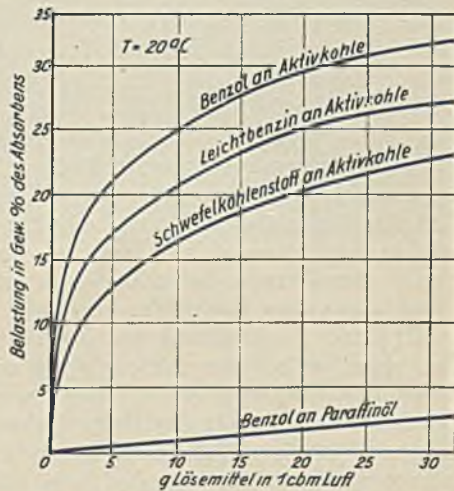


Abb. 590. Beladbarkeit von Aktiv-Kohlen mit Lösemittel (Benzol-Vergleich an Paraffinöl)

Bei einem Benzolgehalt von z. B. 26 g/1 cbm Luft läßt sich Aktiv-Kohle mit 32% ihres eigenen Gewichtes beladen, Paraffinöl hingegen



nur mit 2%. Noch günstiger ist der Vergleich für die Aktiv-Kohle bei ganz geringen Benzolgehalten der Luft, z. B. 1,0 g/1 cbm, wo die Beladbarkeit des Öles nur noch 0,12 Gew.%, die der Aktiv-Kohle aber etwa 14,5 Gew.% ist, also mehr als das Hundertfache.<sup>7</sup>

Die Beladbarkeit eines Adsorbens mit einem Lösemitteldampf ist um so größer, je höher das Molekulargewicht — und das spezifische Gewicht — eines Lösemittels ist. Für die hier vorliegenden Gesetzmäßigkeiten ist jedoch ein zahlenmäßiger Ausdruck bisher noch nicht gefunden worden. Hingegen gilt für die Beeinflussung der Beladbarkeit durch den Dampfdruck die Boedeckersche Adsorptionsisotherme, die rechnerisch lautet:

$$m = c \cdot p^n,$$

wobei  $m$  die adsorbierte Dampfmenge,  $p$  der Dampfdruck des Lösemittels und  $c$  und  $n$  Konstanten sind, die von der Natur des Adsorbens abhängig sind. Hat man für einen bestimmten Dampfdruck eines Lösemittels — also für einen bestimmten Lösemittelgehalt der Luft — die Beladbarkeit eines Adsorbens ermittelt, so kann man sie für jeden anderen Dampfdruck des Lösemittels aus obiger Formel errechnen.

Die Temperatur hat auf die Bindung der Dämpfe durch Adsorbentien einen wesentlich geringeren Einfluß als dies bei Waschöl der Fall ist. Eine Temperatursteigerung um 20° bewirkt z. B. bei Aktiv-Kohlen einen Rückgang der Beladungshöhe um nur etwa 25%, während sie bei Waschöl um etwa 75 % sinkt.

Diese Tatsache läßt bereits vermuten, daß es nicht möglich sein wird, das Lösemittel lediglich durch Temperaturerhöhung aus dem Adsorbens wieder abzuscheiden. In der Tat genügt selbst eine Erwärmung des Adsorbens auf 500° unter gleichzeitiger Anwendung von Vakuum noch nicht, um adsorbierte Benzoldämpfe aus Aktiv-Kohle restlos zu entfernen. Überraschenderweise läßt sich aber dieser Desorptionseffekt bereits bei wesentlich niedrigerer Temperatur erzielen, wenn man ein Verdrängungsmittel auf das beladene Adsorbens einwirken läßt. Als solches kommt — außer Gasen — vornehmlich Wasserdampf<sup>8</sup> in Betracht, der bereits bei 100° eine praktisch restlose Desorption der Dämpfe aus dem Adsorbens bewirkt.

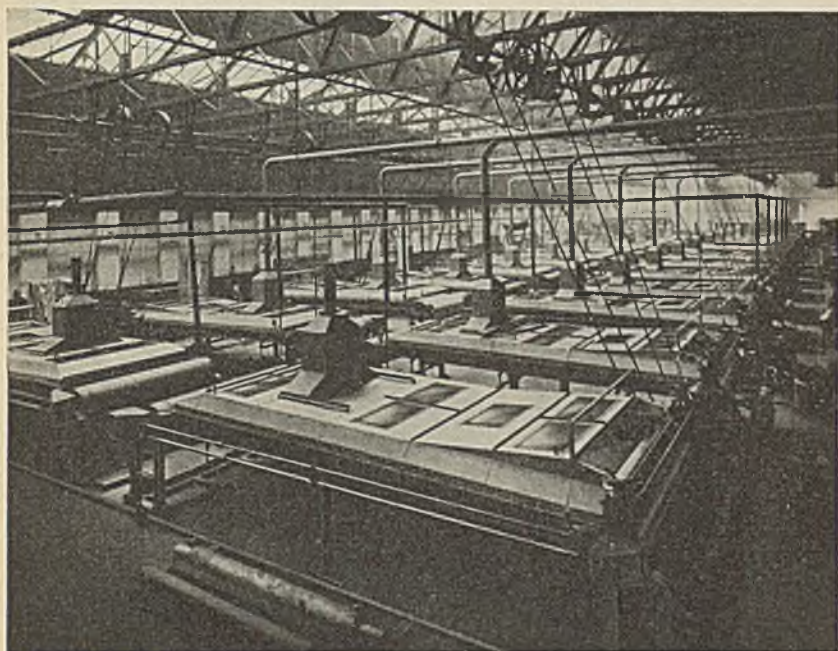
Mit dieser Beobachtung war für die technische Anwendung der festen Adsorbentien bei der Abscheidung organischer Lösemitteldämpfe aus Gasen der Weg freigemacht; damit war ein technisches Problem gelöst, das bis dahin — trotz der längst bekannten hohen Adsorptionsfähigkeit besonders poröser Kohlen für Lösemitteldämpfe — nur wissenschaftlich interessante, aber unwirtschaftliche Lösungen gefunden hatte.

<sup>7</sup> Als Adsorptionsstoffe (Adsorbentien) benutzt man in der Technik entweder die schon vorstehend genannten Aktiv-Kohlen oder Kieselgel. Die ersteren werden aus kohlenstoffhaltigen Materialien (z. B. Holz, Torf, Holzkohle) durch dehydratisierend oder oxydierend wirkenden Agentien bei höherer Temperatur erhalten, während das Kieselgel aus der Silikatlösung durch einen Fällungs- und Trockenprozeß als körniges Produkt gewonnen wird.

<sup>8</sup> D. R. P. 310 092 vom 3. November 1916 der Farbenfabriken vorm. Friedrich Bayer & Co.

Die vorstehend gekennzeichnete hohe Beladungsintensität wirkt sich in der Rückgewinnungspraxis so aus, daß mit besonders geringem Lösemittelgehalt in der Luft gearbeitet — d. h. die Dämpfeabsaugung an den Verdunstungsstellen besonders gründlich gestaltet — werden kann und daß auch dann noch die Lösemitteldämpfe praktisch restlos von dem Adsorbens festgehalten werden.

Die Erfassung der Lösemittel an der Verdunstungsstelle ist besonders günstig, wenn die Lösemitteldämpfe — wie bei der aus Abb. 591 ersicht-



*Abb. 591. Anordnung der Luftabsaugung bei Streichmaschinen  
(Verfahren der Carbo-Norit-Union, Frankfurt a. M.)*

lichen Absaugehaube der Carbo-Norit-Union — gleichmäßig über die ganze Breite des Streichtisches entsprechend der durch die Wärmezufuhr gegebenen Verdunstungsgeschwindigkeit des Lösemittels abgesaugt werden. Hierbei wird auch das Entströmen von Dämpfen in den Arbeitsraum praktisch vollständig verhindert, so daß bei aufmerksamer Bedienung der Maschine 98% des verstrichenen Lösemittels mit der abgesaugten Luft der Rückgewinnungsanlage zugeführt werden. Die Anwendung des Verfahrens auf eine große Anzahl von Streichtischen ist aus Abb. 591 ebenfalls ersichtlich.

Die Rückgewinnungsapparatur zeigt — bei dem sogenannten Bayer-Verfahren der Carbo-Norit-Union — die in Abb. 592 wiedergegebene schematische Anordnung.



Die Lösemittelluft wird mittels des Absaugegebläses durch die Rohrleitung E den Adsorbern A und B wechselweise zugeführt. Diese Adsorber sind zylindrische Eisenbehälter, die auf einer Steinlage eine Schicht körnige Aktiv-Kohle (z. B. T-Kohle von 3 bis 5 mm Körnung) enthalten. Die Luft tritt z. B. unten in den Adsorber A ein, durchströmt die Steinschicht und dann die daraufliegende Kohleschicht, um bei F ins Freie zu treten. Hierbei gibt sie ihren Lösemitteldampf an die Aktiv-Kohle restlos ab, so daß der bei F austretende Luftstrom vollständig

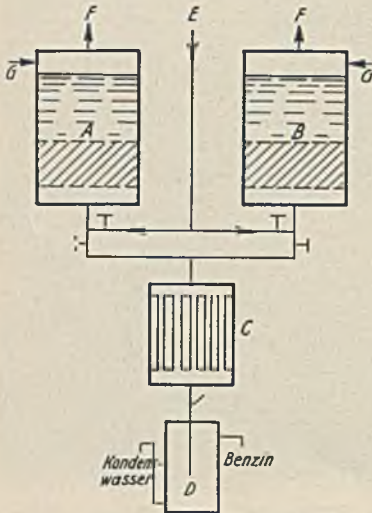


Abb. 592. Schema des Aktivkohle-Rückgewinnungsverfahrens (Carbo - Norit - Union, Frankfurt a. M.)

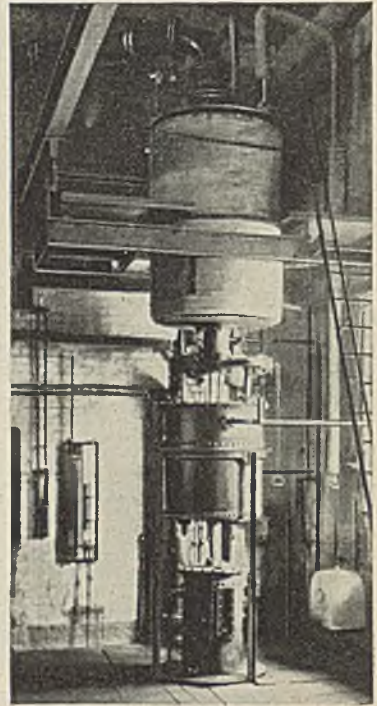


Abb. 593. Ein-Adsorber-Aktivkohle-Rückgewinnungsanlage (Carbo - Norit - Union, Frankfurt am Main)

lösemittelfrei ist. Nachdem die Aktiv-Kohle sich mit Lösemittel gesättigt hat — entsprechend dem Lösemittelgehalt der Luft und der Beladungstemperatur —, tritt nach geraumer Zeit eine Spur Lösemittel in der Adsorberabluft bei F auf (Geruchsprobe!). Darauf wird die Lösemittelluft auf den frischen Adsorber B umgeschaltet und der Adsorber A regeneriert. Dies geschieht, indem man die Lösemittelluft von A abschaltet und die Verbindungsleitung nach dem Kühler C öffnet. Alsdann läßt man einen Strom Wasserdampf bei G in den Adsorber A eintreten und die Kohleschicht abwärts durchströmen. Er erwärmt dann die Kohle und

verdrängt die adsorbierten Lösemitteldämpfe nach unten, so daß ein Gemisch von Wasserdampf und Lösemitteldampf in den Kühler C eintritt und hier kondensiert wird. Das Kondensat fließt in den Abscheider D, von dem aus das Wasser in den Kanal fließt, während das Lösemittel dem Verbrauchstank in direkt verwendbarer Form zugeführt wird. Sobald alles Lösemittel aus der Aktiv-Kohle desorbiert ist, wird der Dampf abgestellt und wieder Lösemitteldampf von E her aufwärts durch den Adsorber gefördert. Hierbei wird die in der unteren Steinschicht beim Ausdämpfen aufgestapelte Wärme durch den Luftstrom nach oben geführt und benutzt, um die Kohle zu trocknen, während gleichzeitig der Lösemitteldampf wieder von der Kohle festgehalten wird.

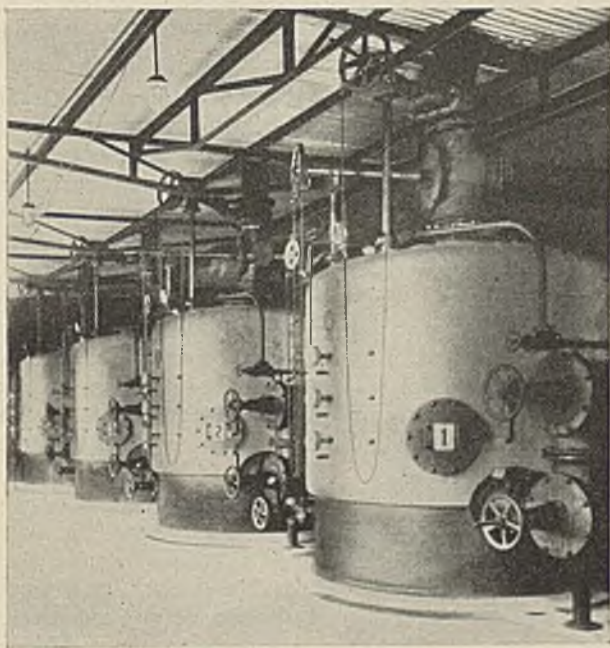


Abb. 594. Vier-Adsorber-Aktivkohle-Rückgewinnungsanlage  
(Carbo-Norit-Union, Frankfurt a. M.)

Das Verfahren arbeitet also diskontinuierlich, indem je abwechselnd einer der beiden Adsorber mit Lösemittel beladen wird, während der andere durch Ausdämpfen regeneriert wird. In Kleinbetrieben kann man auch nur mit einem Adsorber arbeiten. In diesem Falle muß man die Ausdämpfung außerhalb der Arbeitszeit vornehmen oder die Lösemittelluft für die kurze Ausdämpfzeit ( $1\frac{1}{2}$  bis 1 Std.) ins Freie schicken. Eine solche, sehr raumsparende Apparatur zeigt die Abb. 593.

Bei größeren Betrieben kann die Anzahl der Adsorber beliebig vermehrt werden; so zeigt Abb. 594 eine Vier-Adsorber-Anlage für eine Rückgewinnungsleistung von 20 t Lösemittel täglich.



Die Betriebsspesen des Aktiv-Kohle-Adsorptionsverfahrens sind für 1 kg rückgewonnenes wiederverwendbares Lösemittel:

Dampf (Sattdampf) etwa . . . . .	3,0 kg
Elektrische Kraft . . . . .	0,05—0,2 kWh
Kühlwasser etwa . . . . .	40 kg

Hierzu kommt noch ein Aufwand an Aktiv-Kohle, der aber — z. B. bei der jetzt handelsüblichen sehr reibfesten T-Kohle — sehr gering ist, und zwar etwa 0,5 bis 1,0 kg/1000 kg rückgewonnenes Lösemittel beträgt. In vielen Betriebsanlagen ist diese Kohle mehr als 10 000mal beladen worden. Staub (Gewebe Fasern) und andere die Kapillarität der Kohle schädigende Luftverunreinigungen müssen aus dem Luftstrom ferngehalten werden. Das wird bei Streichmaschinenanlagen z. B. dadurch erreicht, daß die Luft vor dem Eintritt in die Adsorber durch ein einfaches, spülbares Steinfilter filtriert wird.

Der Lohnaufwand richtet sich nach der Anzahl der Ausdämpferperioden; bei Großanlagen ist ein Mann pro Schicht erforderlich, während kleinere Anlagen im Nebenamt bedient werden können. Im ganzen ist der Aufwand an Betriebsmitteln geringer als beim Waschölverfahren, jedoch höher als bei dem Kondensationsverfahren. Dem steht eine besonders hohe Rückgewinnungsausbeute gegenüber: sie beträgt 97 bis 99% von dem der Anlage zugeführten Lösemittel und ist auch, auf den Fabrikationseinsatz bezogen, nur wenig geringer, da ja die Absaugung an den Verdunstungsstellen bei der Eigenart dieses Verfahrens besonders wirksam gestaltet werden kann. Das Verfahren besitzt dadurch eine sonst unerreichte Wirtschaftlichkeit — namentlich bei großen Anlagen —, was u. a. auch daraus hervorgeht, daß es in größtem Maße bei der Gasolin-gewinnung aus Erdgas angewandt wird, selbst noch bei einem Gasolinpreis von nur 4.— RM % kg.

Für die Wirtschaftlichkeit des Adsorptionsverfahrens ist die Qualität der benutzten Aktiv-Kohle wichtig. Die Kohle saugt bei der Beladung ihre Kapillaren voll Lösemitteldampf — der dabei kondensiert wird — und dann wird das adsorbierte Lösemittel beim Ausdämpfen wieder plötzlich in Dampfform übergeführt. Kompression und Expansion der Dämpfe, Abkühlen und Erwärmen wechseln also in den Mikrozellen der Aktiv-Kohle ständig miteinander ab, ein Vorgang, der sehr hohe Ansprüche an die Elastizität des Kapillargebildes stellt. Ferner streichen Lösemittel-Luftstrom und Wasserdampfstrom mit großer Geschwindigkeit durch die — meist etwa 1 m hohe — Aktiv-Kohleschicht, wobei an die Druck- und Reibfestigkeit der Kohle hohe Ansprüche gestellt werden. Infolgedessen hat sich das natürlich geformte Aktiv-Kohlematerial — also z. B. Holzkohlekörner — nicht so bewährt wie durch Pressung — unter Verwendung von Bindemitteln, wie Humaten, Teer usw. — geformte Kohlekörner, deren Korngröße aus adsorptionstechnischen Gründen etwa 4 mm ist. Diese mechanischen Eigenschaften der Kohle — hohe Elastizität, Druck- und Reibfestigkeit — müssen gepaart sein mit einer hohen Kapillarität, die ja die Adsorptionsfähigkeit der Kohle bedingt. Ein Maximum an Kapillarität kann aber nicht gleichzeitig bei



BG Politechniki Śląskiej  
nr inw.: 102 - 127396



Dyr.1 127396