

HANDBUCH DER GESAMTEN KAUTSCHUKTECHNOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST A. HAUSER



E. A. HAUSER
HANDBUCH DER GESAMTEN
KAUSCHUKTECHNOLOGIE

BAND II

078

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

1632

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

WYCOFANO

BAND II



236

UNION DEUTSCHE VERLAGSGESELLSCHAFT BERLIN



127397

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

D 1643/09

INHALTSVERZEICHNIS II. BAND

SPIELBÄLLE UND ÄHNLICHE HOHLKÖRPER Von Dr.-Ing. H. Kassner,	
Wimpassing, N.-Ö.	835
Spielbälle	835
Hohlbälle	835
Mischung	835
Plattenziehen	836
Erzeugung des Rohballes	836
a) Hand-Ballmacherei 836, b) Maschinen-Ballmacherei 838	
Ballvulkanisierung	844
Schleifen	846
Trommeln	846
Bläserei	847
Dekorieren der Bälle	847
1. Das Streichverfahren 848, 2. Trommelmalerei 849, 3. Tauchverfahren 850, 4. Spritzverfahren 850, 5. Das Velourieren 851	
Sortierung	851
Halbmassivbälle	851
Massivbälle	852
Poröse oder Hundebälle	852
Schwammgummibälle	852
Salonbälle	853
Aufblasbare Bälle	854
Chirurgische Hohlkörper	857
Die Lochbälle 857, Die Birnspritzen-, Milchzieher-, Zahn-spritzenbälle, Ohren- und Nasenspritzen 857, Die Eierbälle, Flachbälle und andere Parfümzerstäuberbälle 859, Gebläse 859, Enemas 860, Sitzkissen 860, Die Eisbeutel 861, Wärmeflaschen 861, Die Tennisringe 862, Reise-Irrigateure 862	
TENNISBÄLLE Von Slazengers Ltd., London (Übersetzt von Dr. E. A. Hauser, Wien)	
Die Entstehung des Balles	863
Standardisierung des Balles und seiner Prüfung	863
Herstellungsverfahren (von Hand)	865
Maschinell hergestellte Mehrfachnahtbälle	868
Pfpfenlose Bälle	870
Maschinell hergestellte Bälle mit einer Naht	872
Halbball	874
Allgemeine Bemerkungen zur Herstellung	877
Überzug	878
DIE FABRIKATION VON GOLFBÄLLEN Von W. J. Perry (The Silver-town Comp., London) (Übersetzt von Dr. E. A. Hauser Wien)	
1. Der innere Kern	885
England-Amerika	887
2. Der mit Kautschuk umwundene Kern	888
3. Der Kern	890
4. Prüfungen	894
5. Der Überzug (Decke)	899
6. Formen und Formverfahren	901
7. Beschneiden	902
8. Bemalung	904
Markieren 905, Verpackung 905	

GUMMISPIELZEUGE Von Dr. Stefan Dorogi, Albertfalva, u. Dr. F. Gabor, Budapest	907
I. Einleitung	907
Historisches über Kautschukspielzeuge	907
Wesen der Spielzeuge	907
Einteilung der Spielzeuge	908
Kautschuk als Spielzeugwerkstoff	908
Einteilung der Gummispielzeuge	909
A. Gummiartikel als Hilfselemente der Spielwarenfabrikation	909
B. Spielzeuge, deren Charakter durch Gummi bedingt ist	910
II. Massive und hohlwandige in Formen hergestellte Spielzeuge	912
Ausführungsarten	912
1. Vollkörper	912
2. Schwammkörper	912
3. Hohlkörper	912
4. Gummi als Bestandteil von Spielzeugen anderer Art	912
Herstellung von Gummispielwaren	912
1. Mischungen	913
2. Vorarbeiten	914
3. Formen	916
4. Vulkanisieren	917
5. Reinigen	920
6. Bemalen	920
III. Aufblasbare Spielzeuge	921
Definition der Aufblasespielzeuge	921
Physikalische und chemische Eigenschaften der bildenden Kautschukplatten	921
Die Nähte	924
a) Klebnähte	924
1. Überlappungsnaht 924, 2. Bandverstärkte Naht 924, 3. Die überlappte Bandnaht 925	
b) Preßnähte	925
Haltbarkeit der Nähte	926
Preßbandnaht	926
Herstellung der Nähte	927
1. Durch Handbetrieb 927, 2. Durch Schweiß-Stanzwerkzeuge 927	
Stahldraht als Werkzeug	928
Bandnahtwerkzeug	928
Konstruktion der aufblasbaren Spielzeuge	929
Spielwaren aus zwei Platten	930
Spielwaren aus drei Platten	930
Spielwaren aus vier Platten	932
Spielwaren aus sechs Platten	933
Spielwaren aus mehreren zweiblättrigen Hohlkörpern zusammengesetzt	933
Bälle	934
Fabrikationstechnologie der aufblasbaren Kautschukspielzeuge	936
Mischungen	936
Plattenziehen	936
Das Zuschneiden und die Plattenkontrolle	937
Die Zwischenlagen	937
Zusammenfügung der Hohlkörper	938
a) Durch Handarbeit ohne Zusammenpressen der Nähte	938
b) Die Stanzarbeit	938

Hohlkörper aus zwei Platten	938
Vereinigung von drei Blättern zu einem Hohlkörper in einer Phase	939
Vereinigung von vier Blättern zu einem Hohlkörper in zwei Phasen	939
Vereinigung von sechs Blättern zu einem Hohlkörper	939
Papier als Stanzbehelf	940
Stanzwerkzeugbeispiel	940
Stanzmaschinen	941
Ventile	941
Das Bedrucken und Bemalen	942
Das Vulkanisieren	942
1. Kaltvulkanisation 942, 2. Warmvulkanisation 942	
Waschen und Ausprobieren	942
Lagerfähigkeit	943
Aufblasespielzeuge in der Benutzung	943
Perforationsgefahr	943
Abbildungen ausgeführter Figuren	944
Die Reparatur	945
Anhang	945
Schwimm- und Strandspielzeuge	945
Wasserspielzeuge mit Ballast	946
Wasserspielzeuge mit Konstruktionsstabilisierungen	946
Mehrkammer-Strandspielzeuge	948
Durch Stoffstaub veredelte Spielzeuge	948
Verfahren zum Auftragen der Faserstaubbezüge	949
Vulkanisation	949
Patentlage	950
Spezialkonstruktion	952
Wasserspielzeuge	952
Velourierte Spielzeuge	952
DIE FABRIKATION NAHTLOSER (GETAUCHTER) KAUTSCHUK- WAREN Von Senator F. Thiele, Leipzig, und Dr. E. Wurm, Hannover	953
Einteilung des Stoffes	953
Die Rohstoffe	954
Vorbereitung des Kautschuks — Herstellung der Mischungen	955
Herstellung der Lösungen	955
Die Tauchapparate und die Formen	956
Das Tauchen	959
Die Kaltvulkanisation	960
Die Warmvulkanisation	964
Herstellung farbig-transparenter Artikel	967
Latex	968
PATENTGUMMI Von Senator F. Thiele, Leipzig, und Dr. E. Wurm, Hannover	969
Die Rohstoffe	969
Herstellung der Platte	970
Herstellung von Patentgummiwaren	975
Die Vulkanisation von Patentgummiwaren	976
a) Kaltvulkanisation	976
b) Warmvulkanisation	977
KAUTSCHUK-(GUMMI)KURZWAREN Von Dr. Erich Wurm, Hannover	979
GUMMISCHUHWERK Von Dr. phil., Dr. Ing. Josef Talalay, London	991
Aufbau eines Gummischuhes	992
Produktionsgang in einer Gummischuhfabrik	995

A. Die Herstellung der Mischungen	998
Waschwalzwerk 998, Trockenboden 998, Mischkammer 998, Mischwerk 998, Mahlwalzwerk 999	
B. Das Ziehen der Platten und das Gummieren der Gewebe	1000
1. Oberblattkalander	1000
Bauart des Oberblattkalanders 1000, Vorwärmung und Beschickung 1001, Einstellung und Temperierung 1002, Lauf-tuch 1002	
2. Sohlenkalander (Profilkalander)	1003
3. Friktions- und Plattenziehkalander	1006
Das Ziehen von Platten	1006
Gummieren der Gewebe	1006
a) Gummieren auf dem Kalander (Friktionieren)	1007
b) Gummieren auf der Streichmaschine (Streichen)	1010
c) Kalandrieren	1010
d) Kombiniertes Gummieren	1011
e) Dublieren gummierter Stoffe	1012
Trocknen der Gewebe	1012
C. Das Ausstanzen und -schneiden der Einzelteile	1013
Stoffzuschneiderei	1013
Stoffbänder	1015
Gummizuschneiderei	1016
Oberblatt 1016, Sporen und Gummibänder 1018, Sohle 1018	
Schmierabteilung	1020
D. Das Konfektionieren über einem Leisten	1021
E. Das Lackieren der Schuhe	1032
Lackierraum	1032
Herstellung des Lackes	1034
F. Die Vulkanisation	1037
Vulkanisation bei Atmosphärendruck	1037
Vulkanisation in Druckluft	1038
Das Vulkanisationsdiagramm 1038, Temperaturverhältnisse im Kessel 1041, Mechanismus des Wärmeüberganges 1042, Vulkanisationskessel mit Heißluftumwälzung 1045	
Automatische Regelung der Vulkanisation	1050
a) Thermopneumatische Regelung 1051, b) Elektrische Regelung 1053	
Die Vulkanisation im Dampf	1056
G. Ausleisten, Sortieren und Versand der Gummischuhe	1058
Ausleisterei	1058
Leistenlager	1059
Sortiersaal	1061
Turn- und Tennisschuhe	1062
Schuhe mit anvulkanisierter Sohle 1065, Schuhe mit angenähter Gummisohle 1071	
Mischungen für Gummischuhwerk	1072
Rohgummi und Regenerat 1073, Bleiglätte 1073, Harz 1074, Füllstoffe 1074, Beschleuniger 1075, Alterungsschutzmittel 1076	
Typische Gummischuhmischungen	1076
Formschuhwerk	1079
SCHWAMMKAUTSCHUK Von S. A. Brazier, M. Sc., F. I. R. I., Birmingham, England (Übersetzt von Dr. E. A. Hauser, Wien)	1081
Geschichtliches	1081
Schwammkautschuksorten	1085

Herstellung von Schwammkautschuk	1086
Mischungstypen für Schwammkautschuk	1087
Auswahl des Rohmaterials	1087
Andere Füllstoffe	1087
Erweicher	1091
Blähmittel	1092
Chemikalien	1093
Typische Mischungen	1096
Herstellungsweise	1099
Lagerung der Kautschukmischung	1101
Vulkanisationsmethoden	1102
Unter Preßdruck vulkanisierte Schwämme	1106
Herstellung geformter Schwämme	1107
Weitere fabrikatorische Manipulationen	1109
Zellkautschuk	1111
Zell-Hartkautschuk	1116
Die Herstellung von Schwammkautschuk direkt aus Latex	1117
Mikroporöser Kautschuk	1125
Die physikalischen Charakteristika und Anwendungen von Schwammkautschuk	1131
Stoßdämpfung und Vibration	1138
Wärme-Isolator	1141
Die Alterung	1142

KAUTSCHUKFUSSBODENBELAG Von W. H. Reece, B. S. C., B. S. C. (England), A. I. C., A. I. R. I. (SC), The Laboratory, The Leyland and Birmingham Rubber Co. Ltd., Leyland, England (Übersetzt von Dr. E. A. Hauser, Wien)	1145
---	------

Füllstoffe	1147
Farbstoffe 1148, Erweicher 1148, Beschleuniger 1148, Antioxydantien 1149, Regenerat 1149, Kautschuk 1149, Prüfung der Füllstoffe 1149, Mischvorgang 1150	
Kalandrierung	1152
Belag	1153
In der Presse vulkanisierte Fliesen	1157
Eingelegte Fliesen	1162
Geformte Fliesen	1163
Treppenbeläge	1164
Wölbung	1166
Die Oberfläche der Unterseite von Kautschukfußbodenbelägen	1166
Untergrund	1167
Klebmassen	1171
Vorbereitung eines dekorativen Musters für Kautschukbeläge	1173
Verlegung	1175
Reinigung	1177
Charakteristika eines erstklassigen Kautschukbelages	1178
Elastizität 1178, Lärmtötende und akustische Eigenschaften 1179, Leitfähigkeit für Wärme und Elektrizität 1179, Widerstand gegen Chemikalien 1180, Brennbarkeit 1180, Hygienische Eigenschaften 1181, Nicht rutschende Oberfläche 1181, Geruch 1182, Abrieb und Haltbarkeit 1182	

KAUTSCHUKSTRASSEN Von L. Gaisman, F. I. R. I., Audenshaw-Manchester, England (Übersetzt von Dr. E. A. Hauser, Wien)	1183
Vibrationsversuche	1186
Technische Notwendigkeiten zur Herstellung einer guten Kautschukstraße	1194
Fabrikanlage zur Herstellung von Kautschukpflasterungen	1195
Die Geschichte des Kautschukpflasters	1195

Leyland-Block	1197
Verschiedene Typen von Kautschukblöcken	1197
Gaisman-Block 1197, North-British-Block 1199	
Formen auf der Betonunterlage	1201
Verlegung der Kautschuk-Betonblockeinheit	1203
Cresson-Block 1205, Sheridan-Cowper-Block 1206, Dunlop-Block 1207	
DER GUMMIFADEN Von Max Draemann, Fabrikdirektor, Köln	1209
Einleitung	1209
Rohgummi	1211
Die Vorbereitung des Rohgummis	1213
Mischungen für Gummifäden	1217
Vorbereitungen für die Herstellung der Fadenplatten	1221
Die Herstellung der Platten	1223
Abziehen der Platten und Aufwickeln zum Vulkanisieren	1225
Die Vulkanisation der Platten	1226
Das Schneiden der Platten	1227
Beize und Konfektion der Fäden	1232
Lagerung und Lebensdauer der Fäden	1237
Prüfung der Fäden	1239
Der Rundfaden und seine zukünftige Entwicklung	1241
Schlußwort	1249
IT-PLATTEN Von Dr. Ing. Heinrich Pahl, Düsseldorf	1251
Asbest — Geschichte des Asbests	1251
Chemische Eigenschaften	1251
Entstehung des Asbestes und seine Fundstätten	1252
Vorkommen	1252
Gewinnung	1254
Aufarbeitung der Crudefaser	1255
Aufarbeitung des faserhaltigen Gesteines	1255
Faserausbeute	1261
Prüfung der Asbestsorten	1265
Fabrikation der It-Platten	1265
Öffnen der Asbestfasern in der It-Plattenfabrik	1265
Herstellen der It-Masse	1268
Herstellung der halbfertigen Platte	1270
Wiedergewinnung des Lösungsmittels	1271
Fertigmachen der It-Platten	1272
Aufarbeiten der Abfälle	1272
Prüfung der It-Platten	1273
GUMMIISOLIERTE LEITUNGEN Von R. A. Schatzel, Techn. Direktor der Gen. Cable Corp., Rome, N. Y., USA. (Übersetzt von Dr. F. Evers, Berlin)	1275
Schnüre, einfach- und gummiisoliert	1276
Gummibedeckte Schnüre und Kabel	1276
Bleigeschützte Gewebekabel	1278
Arbeitsprozeß	1279
Materialien für die Mischungen	1280
Kautschuk 1280, Füll- und Versteifungsmittel 1280, Anorganische Stoffe 1280, Zinkoxyd 1280, Kreide 1281, Ton 1281, Talkum 1281	
Organische Füllstoffe	1282
Mineral-Rubber 1282, Kautschukersatz 1282, Regenerat 1283, Wachse 1283, Beschleuniger 1283, Antioxydantien 1285, Schutz gegen Kupfer 1285, Herstellungsverfahren 1286, Streifenverfahren 1288	

Elektrische Charakteristiken für Gummimischungen, für Drähte und Kabel	1290
Isolationswiderstand 1290, Dielektrische Festigkeit 1291, Leistungsfaktor 1292, Spezifische induktive Kapazität (Dielektrizitätskonstante) 1293	
Isoliermischungen	1294
Physikalische Eigenschaften 1296, Chemische Eigenschaften 1296, Elektrische Eigenschaften 1296	
Sondermischungen	1301
Ozonbeständige Mischungen 1301, Wärmebeständige Mischungen 1304, Unterseekabel 1304, Latex 1304	
Ersatzmaterialien für Kautschuk	1304
Beschleunigte Alterung	1305
Feuchtigkeitsaufnahme	1306
Widerstandsfähigkeit gegen Wärme	1308
HARTGUMMI Von Dr.-Ing. H. Kassner, Wimpassing (N.-Ö.)	1309
Allgemeines	1309
Rohmaterialien	1309
Rohgummi 1309, Schwefel 1310, Regenerate 1310, Füllmaterialien 1310, Vulkacite 1311, Farbstoffe 1312	
Eigenschaften und Verwendung	1312
Prüfung	1313
a) Mechanische und elektrische Prüfung 1313, b) Chemische Untersuchung 1316	
Hartgummiplatten	1317
Stäbe und Rohre	1318
Akkumulatorkasten	1320
Hartgummi-Separatoren	1323
Preßartikel	1324
Kammfabrikation	1328
KAUTSCHUKBEKLEIDUNGEN VON METALLEN Von Eduard Vossen, Köln-Nippes	1337
Physikalische Eigenschaften	1338
Die Dichte des Kautschuks 1338, Die Temperaturbeständigkeit 1338, Die Wärmeleitfähigkeit 1338, Das Wärme-Isolationsvermögen 1338, Der kubische Ausdehnungskoeffizient 1338, Die Dielektrizitätskonstante 1338, Die Durchschlagsspannung 1338, Der Elastizitätsmodul 1338, Der Verschleißwiderstand 1339, Chemische Haltbarkeit 1339	
Auswahl des Materials	1339
Chemische Haltbarkeit	1342
1. Anorganische Stoffe 1342, 2. Organische Stoffe 1344	
Die Art der Bekleidung	1345
Tauchen 1346, Anstrich 1346, Aufspachteln 1346, Belegen der Metallteile mit einer Kautschukmischplatte 1347	
Metallvorbereitungen	1347
Metallreinigung	1349
Die Räume der Gummierungswerkstatt	1350
Die Haftfestigkeit	1350
Metalleignung	1351
Aufbau	1352
Die Bekleidung	1353
Zentrifugen	1355
Rohrleitungen	1356
Die Vorprüfung	1357
Die Vulkanisation	1358
Die Prüfung	1359

KAUTSCHUK IN REIBUNGSELEMENTEN Von James Driscoll, Chemiker der Friktions Materials and Packing Division Research Laboratory der Johns Manville Corp., Manville, N. Y., USA. (Übersetzt von Dr. E. A. Hauser, Wien)	1361
1. Einleitung	1361
2. Gefaltete und gepresste Bremsbeläge	1367
3. Bremsblöcke	1376
4. Geformte Bremsbeläge — Plattentyp	1378
5. Geformte Bremsbeläge und Kupplungsbeläge — gespritzte Art	1387
6. Die Anwendung von natürlichem Latex bei Reibungselementen	1389
7. Die Anwendung künstlicher Kautschukdispersionen bei Reibungselementen	1392
8. Die Prüfung von Bremsbelägen	1395
ZAHNGUMMI Von Dr. Erich Wurm, Hannover	1407
SCHLEIFMASSEN UNTER VERWENDUNG VON KAUTSCHUK ALS BINDEMITEMEL Von Dr. R. C. Benner und O. L. Mahlman, Niagara Falls, N. Y., USA. (Übersetzt von Dr. E. A. Hauser, Wien)	1415
Eigenschaften der Schleifmassen	1417
Historische Entwicklung	1419
Ältere Methoden	1421
Latex und künstliche Dispersionen	1423
Literatur und Patentauszüge	1426
Amerikanische Patente	1426
Englische Patente	1428
Kanadische Patente	1429
Deutsche Patente	1430
Schweiz. Patente	1430
Fachzeitschriften	1430
LATEX-TECHNOLOGIE Von Prof. Dr. E. A. Hauser, Wien	1431
Einleitung	1431
Rohmaterialien	1433
1. Natürlicher Latex	1433
2. Latex-Konzentrate	1433
3. Künstliche Kautschuk-Dispersionen	1433
4. Synthetische Latices	1434
Chemische Prüfung	1434
1. Bestimmung des Gesamt-Trockengehaltes	1435
2. Bestimmung des Kautschukgehaltes	1436
3. Bestimmung des Alkalis im Latex	1436
4. Stabilitätsbestimmung	1437
5. Koagelbestimmung	1437
Technische Prüfung	1438
Verarbeitungsmethoden	1439
Mischwesen	1439
Auswahl der Füllstoffe	1440
Mittelstark gefüllte Mischung für Streichzwecke	1441
Vornahme der eigentlichen Mischung	1445
Faktis, Regenerat und Altgummi	1449
Bereifung	1450
Technische Gummiwaren	1453
Gummi im Eisenbahn- und Automobilbau	1457
Radiergummi	1458
Streichwaren	1459
Gummi-Treibriemen und -Transportbänder	1466
Ballonstoff	1470
Kunstleder	1470

Kunstvelour	1477
Kautschukpflaster	1478
Rückgewinnung	1478
Spielbälle und ähnliche Hohlkörper	1478
Tennisbälle	1482
Golfbälle	1483
Hohlwandige Spielwaren	1483
Nahtlose Gummiwaren	1484
Patentgummi und Gummikurzwaren	1492
Gummischuhwerk	1492
Schwammgummi	1495
Gummifußboden	1496
Gummistraßen	1499
Gummifäden	1501
Gummiisolierte Leitungen	1503
It-Platten und Bremsbeläge	1504
Hartgummi	1505
Zahngummi	1508
Gummi in Schleifscheiben	1508
Oxydation und Alterung	1509
Verschiedene andere Anwendungsgebiete für Latex	1509

DIE OXYDATION UND ALTERUNG DES KAUSCHUKS MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES ALTERUNGSSCHUTZES UND DER BESCHLEUNIGTEN ALTERUNGSPRÜFUNG SEINER ERZEUGNISSE Von Dr. F. F. Kirchhof, Harburg a. d. Elbe

Einleitung	1513
1. Wissenschaftlich - technische Untersuchung über Oxydation und Alterung des Kautschuks	1514
a) Strukturelle Veränderungen des Kautschuks während der Bearbeitung	1514
b) Chemismus der Oxydationsvorgänge am Rohkautschuk	1517
c) Leimig- und Klebrigwerden von Rohkautschuk	1518
d) Die Oxydation von vulkanisiertem Kautschuk	1519
e) Über spezielle Alterungserscheinungen an Vulkanisaten, insbesondere solche, die durch Ozon und Licht hervorgerufen werden	1524
f) Wirkung von Schwermetallverbindungen auf Kautschuk	1531
2. Alterungsschutz von Kautschukartikeln	1536
a) Konservierungsmittel für Kautschukvulkanisate	1536
b) Künstliche chemische Alterungsmittel (Antioxydants, Antiager, Antioxygene)	1538
3. Die beschleunigte Alterungsprüfung von Kautschukvulkanisaten	1541
a) Der Geer-Alterungssofen und seine Anwendung	1542
b) Das von J. M. Bierer und C. C. Davis ausgebildete Prüfverfahren	1543
c) Kritik der Ergebnisse mit dem Geerofentest und der Bombenalterung im Vergleich mit natürlicher Alterung von Kautschukvulkanisaten	1544
d) Beschleunigte Alterungsprüfung mit Hilfe von Ultraviolettlicht	1549
e) Chemisch-analytische Methode der Alterungsprüfung von Vulkanisaten	1551
4. Einige spezielle Methoden der Alterungsprüfung von Kautschukerzeugnissen	1553
a) Alterung gewebehaltiger Vulkanisate	1553
b) Künstliche Alterungsprüfung von Druckluftschläuchen, gemäß den Abnahmebedingungen nach Berg 18	1554
c) Alterungsprüfung von Schwammkautschuk	1555
d) Alterung unter Dehnung und Wärmewirkung, Hitzebeständigkeitsprüfung von Luftschläuchen usw.	1556

KAUTSCHUKDERIVATE UND KÜNSTLICHE ISOMERE DER NATÜRLICHEN KAUTSCHUK-KOHLLENWASSERSTOFFE Von Dr. F. F. Kirchof, Harburg a. d. Elbe	1559
Chlorkautschuke	1560
Chlorkautschuk »Tornesit« u. ä.	1564
Physikalische und chemische Eigenschaften des Tornesits 1564, Tornesit als Rostschutz- und Anstrichmittel 1566, Tornesitlacke 1567, Anderweitige Verwendung von Tornesit 1567	
Hydrokautschuke	1568
Reindarstellung und Eigenschaften des Hydrokautschuks nach Geiger	1570
Hydroguttapercha und Hydrobalata	1571
Homologe Hydrokautschuke	1571
Hydro-Zyklokautschuke	1572
Hydro-Zyklokautschuk nach Staudinger	1572
Kondensationsprodukte von Kautschuk - Kohlenwasserstoffen mit Hilfe von Benzylchlorid	1573
Poly-Oxy-Kautschuke und deren Derivate	1577
Iso- und Zyklokautschuke	1581
1. Zyklisierung auf thermischem Wege	1582
2. Zyklisierung durch stille elektrische Entladung (Voltolisierung)	1584
3. Zyklisierung mittels chemischer Mittel	1587
a) Zyklisierung mittels konzentrierter Schwefelsäure	1587
b) Chemische und physikalische Eigenschaften der Schwefelsäure-Zyklo-Kautschuke (Sulfo-Zyklo-Kautschuke)	1589
c) Darstellung und technische Eigenschaften der Sulfo-Zyklo-Kautschuke aus afrikanischen Kautschuksorten	1592
d) Die »Thermoprene« H. L. Fischers	1593
e) Thermoprene als Anstrichfarben und Lacke	1596
f) Kautschukzyklisierung mittels Metall- oder organischen Halogenverbindungen	1597
g) Anwendung der Kautschukzyklisierung auf das Problem der Befestigung von Kautschuk auf Metallen (Vulkalockverfahren)	1599
Namenregister	1603
Sachregister	1611

SPIELBÄLLE UND ÄHNLICHE HOHLKÖRPER

VON DR. H. KASSNER, WIMPASSING, N.-Ö.

Die Artikel dieser Gruppe haben mit wenig Ausnahmen in den letzten Jahrzehnten verhältnismäßig nur geringe Änderungen in der Herstellungsweise erfahren. Trotzdem erfordert die Erzeugung der Hohlkörper große Erfahrungen, worauf noch im einzelnen hingewiesen werden soll.

Die Verbesserungen bei den meisten Hohlkörpern haben sich auf die Qualität und das Aussehen bezogen, weniger aber auf die Methoden der Herstellung selbst.

Eine Ausnahme bildet die Erzeugung von Spielbällen und anderen Hohlkörpern aus einem Latexkonzentrat, die neuerdings nach einem besonderen Koagulationsverfahren hergestellt werden. Ebenso hat die Anfertigung von Wärmeflaschen in Formen einen wesentlichen Fortschritt erfahren.

Spielbälle

Die älteste Form der Verwendung des Kautschuks, die man bei den Einwohnern Amerikas vorgefunden hat, ist der Spielball. Die Eingeborenen spielten mit massiven Kugeln (Cauchoballs) aus unvulkanisierten Rohkautschuksorten. Heute wird der Spielball stets vulkanisiert hergestellt und in verschiedenen Ausführungen auf den Markt gebracht, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

A. In Formen hergestellte Spielbälle:

1. Hohlbälle.

- a) Graue Spielbälle.
- b) Rote, sogenannte Terracottabälle.
- c) Bunte Bälle.
- d) Tennisbälle.¹

2. Halbmassivbälle.

3. Massivbälle.

- a) Hundebälle.
- b) Schwammbälle.
- c) Golfbälle.¹

B. Ohne Formen erzeugte Spielbälle:

Salonbälle.

C. Aufblasbare Bälle bzw. Blasen für Fußbälle, Wasserbälle u. dgl.

Hohlbälle

Mischung

Während vor dem Jahr 1914 hauptsächlich Wildkautschuksorten für die Herstellung der Bälle verwendet wurden und die Auswahl der richtigen Sorten von großer Wichtigkeit war, werden gegenwärtig fast ausnahmslos Plantagensorten mit gleichem Erfolg verwendet. Der Rohgummi muß rein sein und darf keine Fremdkörper, wie Sand, Holz u. dgl.

¹ Diese Artikel werden in separaten Kapiteln behandelt.

enthalten. Ebenso müssen die anderen Mischungsbestandteile kornfrei sein und die pulverförmigen Zusätze gesiebt werden. Die Mischung selbst darf nicht zu rohgummiarm sein, da die Gasdichte mit der Vermehrung der mineralischen Füllstoffe abnimmt. Bei der Auswahl der Beschleuniger ist Vorsicht geboten, da zu rasch wirkende Beschleuniger, wie wir später zeigen werden, bei den Maschinenbällen zu Fehlern der Nähte führen. Ebenso können ungeeignete Alterungsschutzstoffe an die Oberfläche treten und die Farben und Lacke der Dekorationen verderben. Die Mischung soll genügend Klebekraft haben, da sonst die Nähte nicht halten. Die Zusammensetzung der Mischung muß aber so beschaffen sein, daß nach der Vulkanisation ein strammer Ball resultiert. Die Beschleuniger müssen ein wiederholtes Plattenziehen erlauben, da bei der Erzeugung des Rohballes viel unvulkanisierter Abfall entsteht. Schwefel darf nur so viel zugemischt werden, daß er nach der Vulkanisation nicht an der Oberfläche ausblüht, worunter die Farben der Dekoration leiden würden. Die Mischung ist so aufzubauen, daß sie nach der Vulkanisation nur geringe Dehnung zeigt, weil sich sonst die unvermeidlichen Abweichungen in der Plattenstärke durch die verschiedene Dehnung im Durchmesser des Balles zu stark auswirken und beim Dekorieren der Bälle mit den Spritzschablonen Schwierigkeiten entstehen. Ferner müssen die Bestandteile der Mischung den bestehenden Vorschriften hinsichtlich Giffreiheit entsprechen.

Plattenziehen

Die Platten werden ohne Einstaubung in Zwischenleinen (Einrollstoffe) gezogen, die gesengt sein sollen, damit keine Textilfasern an der Platte klebenbleiben. Die Plattenstärke ist möglichst genau einzuhalten, weil der kalkulierte Stückpreis dem Stückgewicht entsprechen muß. Die Platten sollen auch blasenfrei gezogen werden, da sonst zu viel Ausschuß durch Undichtheit entsteht. Die Plattenstärken bewegen sich zwischen 1,5 und 3,5 mm.

Erzeugung des Rohballes

Durch internationales Übereinkommen (Ballkonvention) wurde u. a. festgelegt, daß die Bälle nach rheinländischem Zoll = 26 mm dimensioniert werden. Handelsüblich sind die Größen $1\frac{1}{8}$ Zoll, von $1\frac{1}{4}$ Zoll bis 4 Zoll um je $\frac{1}{4}$ Zoll steigend, von $4\frac{1}{2}$ bis 8 Zoll um je $\frac{1}{2}$ Zoll steigend, 9 Zoll und 10 Zoll, sowie $2\frac{7}{16}$ Zoll gleich $2\frac{1}{2}$ Zoll englisch für Tennisbälle.

Die Aufgabe, einen allseits luftdicht geschlossenen, mit Druckluft oder Druckgas gefüllten Hohlball zu erzeugen, wurde auf sehr verschiedene Arten gelöst, und zwar sowohl durch Handarbeit, als auch durch Maschinenarbeit. Selbstverständlich strebt man Maschinenarbeit an, weil sie billiger kommt. Bei großen Bällen ergibt sich aber noch vielfach die Notwendigkeit, sie in Handarbeit herzustellen.

a) **Hand-Ballmacherei.** Meist wird der Ball aus vier Plattenstücken von bogenzweieckiger Form aufgebaut, deren Größe jener des Balles

entsprechen muß. Diese Zuschnitte werden nach Blechschablonen mit Messern auf Zinkblech oder mittels Scheren geschnitten, und zwar in beiden Fällen mit schrägem Schnitt, möglichst unter 45° (siehe Abb. 596 und 597). Die Arbeitstische sind mit Zinkblech überzogen. Die Zuschnitte



Abb. 596. Zuschnitt für Handballmacherei in Ansicht

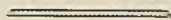


Abb. 597. Zuschnitt für Handballmacherei im Querschnitt

werden mit den Schnittflächen nach oben auf Wärmetische aufgelegt und ganz mit Lösung überstrichen, weil es zu viel Zeit erfordern würde, nur die Schnittflächen zu bestreichen. In manchen Fabriken wird jene Seite der Zuschnitte, die die Innenseite des Rohballes bildet, mit einer gummi-reicheren oder mit einer asphalthaltigen Lösung bestrichen, um einerseits die Gasdichtheit zu erhöhen, andererseits die Wand vor den che-

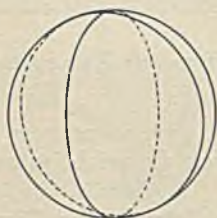


Abb. 598. Normale Anordnung der Nähte am handgemachten Ball (Kreuznähte an den 2 Polen)

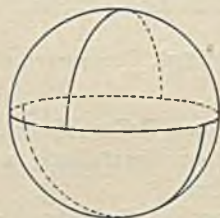


Abb. 599. Handgemachter Ball mit versetzten Nähten

mischen Einflüssen des Treibmittels zu schützen. In der Mitte eines der Zuschnitte wird der Ventilstopfen aufgesetzt. Dieser wird in der Regel in Form von Schnüren auf der Schlauchmaschine gespritzt, in passende Stücke geschnitten und zur Verbesserung des Haftens in Lösung getaucht. Die Qualität der Stopfen soll nicht zu hart sein und beim Vulkanisieren des Balles nicht vollkommen ausvulkanisieren, da sonst die dichtende Wirkung verlorengeht.

Die zugeschnittenen Teile werden mit den abgeschrägten Rändern aneinander gepaßt und die Naht mit einem Falzbein festgedrückt. Vor dem Schließen des letzten Nahtstückes wird das Treibmittel eingeführt. Als solches werden feste oder flüssige Chemikalien verschiedener Art verwendet, die bei der Vulkanisationstemperatur Gas entwickeln, wie z. B. Wasser, Ammoniak, Alkohol, Ammoniumkarbonat, Natriumnitrit u. dgl.

Die Treibmittel, die Ammoniak entwickeln, haben den Nachteil, daß die Farbstoffe der Dekorationen verfärbt werden. Es sind daher die Treibmittel, die Stickstoff entwickeln, vorzuziehen. Die Dosierung erfolgt entweder mit kleinen Löffeln, die nach den Ballgrößen abgestuft sind, oder in Form von Pillen.

Die Nähte der vier Zweiecke treffen sich meistens in zwei Polen (Abbildung 598). Man kann aber auch zunächst nur je zwei Teile zusammenkleben und zwei solcher Paare in der Weise aneinanderfügen, daß die zuerst gebildeten Nähte sich im Raum unter einem rechten Winkel kreuzen. Der Endpunkt einer Naht fällt dann stets in die Mitte der Kante eines Teiles der anderen Halbkugel (siehe Abb. 599).

Statt der Bogenzweiecke können auch lemniskatenförmige (biskottenförmige) Zuschnitte zum Aufbau des Rohballes verwendet werden.

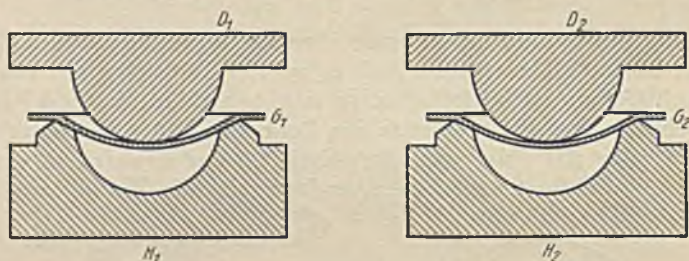


Abb. 600. Vorpressen der zwei Ballhälften mit Matrize und Patrize

b) **Maschinen-Ballmacherei.**² Wie erwähnt, gibt es mehrere Arten von Maschinen zur Herstellung von Bällen, wovon die wichtigsten erläutert werden sollen.

Die Versuche, die Handkleberei der Hohlkörper aus Gummi durch mechanische Formung zu ersetzen, reichen bis in die 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück. Die älteste Methode, die aber auch heute noch zum Teil in Verwendung steht, besteht darin, daß der Hohlkörper in zwei vertieften Eisenformen durch das Gewicht des Deckels vorgepreßt wird und die Halfteile dann aufeinandergelegt, durch mechanischen Druck zusammengeschweißt werden.

Im ersten Arbeitsgang wird auf die Formhälften H 1 und H 2 je ein Stück Gummiplatte G 1 und G 2 aufgelegt, die durch den gewölbten Deckel D 1 und D 2 in die Form hineingedrückt werden (Abb. 600).

Im zweiten Arbeitsgang wird in den unteren Halbschalen G 1 das Treibmittel eingefüllt, dann die beiden Formhälften H 1 und H 2 aufeinandergelegt und die vorgepreßten Hälften durch Druck zusammengeschweißt (Abb. 601).

Der Nachteil dieser Methode besteht darin, daß durch diese Art der Formung, wie bei allen zweiteiligen Hohlkörpern, Produkte von ungleicher Wandstärke entstehen. Naturgemäß wird die unvulkanisierte Platte am Pol P des Hohlkörpers (Abb. 601) bedeutend stärker gedehnt

² Siehe auch den Abschnitt »Tennisbälle«, S. 863

als am Äquator A, was eine schwächere Wand an den Polen zur Folge hat. Die schwachen Stellen verschwächen sich in der Vulkanisation durch das Aufblähen weiter, so daß es vorkommt, daß bei der Vulkanisation die Wand durchlöchert wird. Man versucht diesem Übelstand durch Auflegen von Verstärkungen entgegenzuarbeiten.

1. Eine Rationalisierung dieser umständlichen Arbeitsweise wird durch die Stanzmaschine von Rider-Wolcott (A. P. 551 741) vorgenommen. Hier erfolgt die Formung des zweiteiligen Hohlkörpers durch Druckluft. Die Maschine arbeitet wie folgt (Abb. 602): Auf den hohlen Unterteil U der Presse wird die rohe Unterplatte aufgelegt und das Treibmittel eingeführt. Nun schiebt sich die Hohl-nadel N über die Unterplatte und der Bedienungsmann legt die Oberplatte so auf, daß sich die Hohl-nadel zwischen Ober- und Unterplatte befindet. Der erste Arbeitsgang

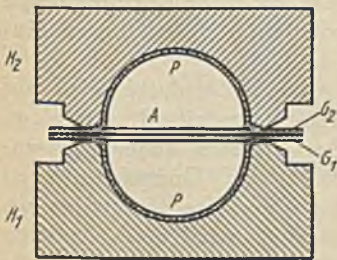


Abb. 601. Zusammenschweißen der beiden Ballhälften

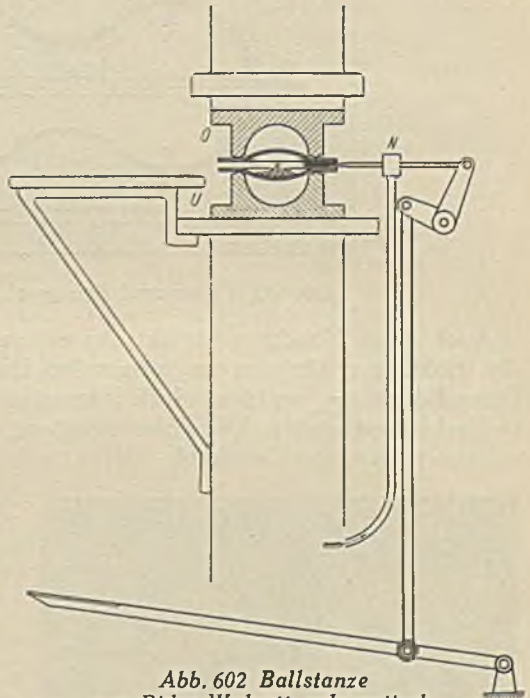


Abb. 602 Ballstanze von Rider-Wolcott, schematisch

besteht nun darin, daß der Oberteil O sich dem Unterteile nähert, leicht aufsetzt und dadurch eine provisorische, aber luftdichte Verbindung zwischen Ober- und Unterplatte herstellt. In diesem Augenblick öffnet sich das Einströmventil der Hohl-nadel und der zwischen Ober- und Unterplatte bestehende Hohlraum wird durch das Einströmen von Druckluft so stark erweitert, als es der in die Unter- und Oberteile der Presse eingearbeitete Hohlraum zuläßt.

Im zweiten Arbeitsgang zieht sich die Nadel aus ihrer Lage zwischen den Preßmatrizen zurück, der Oberteil geht weiter herunter und bewirkt durch mechanischen Druck eine Verschweißung der beiden Hälften des unvulkanisierten Hohlkörpers. Die Maschine ist mit einer Friktionskupplung ausgestattet, die ein Stillsetzen derselben in jeder gewünschten Stellung ermöglicht. Die Produktion ist sehr groß, ergibt aber, wenn

nicht sehr sorgfältig gearbeitet wird, viel Ausschub. Ein weiterer Nachteil dieser, sowie der meisten Maschinen zur Formung von Hohlkörpern besteht in der kostspieligen Instandhaltung derselben.

2. Auf dem entgegengesetzten Prinzip, nämlich der Formung der Hohlkörper mit Vakuum, beruhen die Maschinen, die nach dem System der *Paramount Rubber Co.* (D. R. P. 368 599 u. f.) gebaut sind.

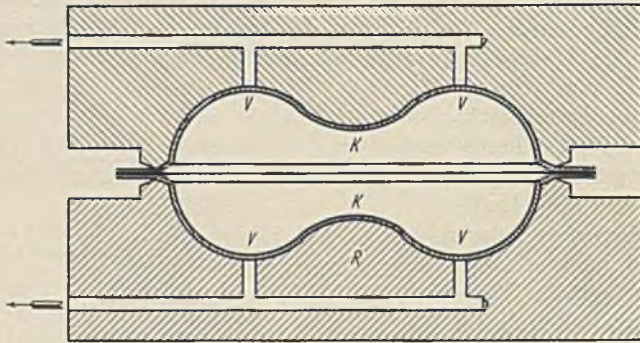


Abb. 603. *Paramount-Ballmaschine, schematisch*

Auch diese Maschine besteht aus einem Ober- und Unterteil, in die die Höhlungen für den zu formenden Hohlkörper eingearbeitet sind. Diese Höhlungen besitzen jedoch Öffnungen, die mit einer Vakuumpumpe in Verbindung stehen. Der Arbeitsvorgang vollzieht sich bei diesen Maschinen folgendermaßen (Abb. 603):



Abb. 604. *Eccles-Ballmaschine, offen*

Die Unterplatte wird auf den Formteil R aufgelegt, das Vakuum angestellt, wodurch die Gummiplatte an die Wand des Formteiles angesaugt wird und dadurch eine sackartige Höhlung bildet. In diese Vertiefung wird das Treibmittel eingebracht. Auf ganz gleiche Weise erfolgt die Formung des Oberteiles. Die beiden Formteile sind bei dieser Maschine mit einem Buckel K ausgestattet, der den Zweck hat, dem Dünner-

werden der rohen Platte bei der Dehnung an den Polen bei der Formung entgegenzuwirken. Sobald die beiden Formteile mit vorgeformten Hälften versehen und das Treibmittel eingeführt ist, werden dieselben durch Schweißdruck vereinigt. Mit dieser Maschine lassen sich gleichfalls Massenproduktionen erzielen, insbesondere bei Anordnung mehrerer Abdrücke in einer Presse. Das Fabrikat krankt jedoch

auch an der ungleichmäßigen Wandstärke, welcher Umstand bisher trotz aller Kunstgriffe nicht beseitigt werden konnte, insbesondere bei großen Hohlkörpern.

3. Eines der ältesten Systeme ist die Eccles-Ballmaschine, die sehr viel verwendet wird (Abb. 604). Sie hat schalenförmige Messer oder Backen, die mit ihren Kanten zur Berührung gebracht werden und durch den hervorgerufenen Druck die eingeschlossenen Gummiplatten abschneiden und zugleich die Schnittstellen verschweißen. Die Maschine

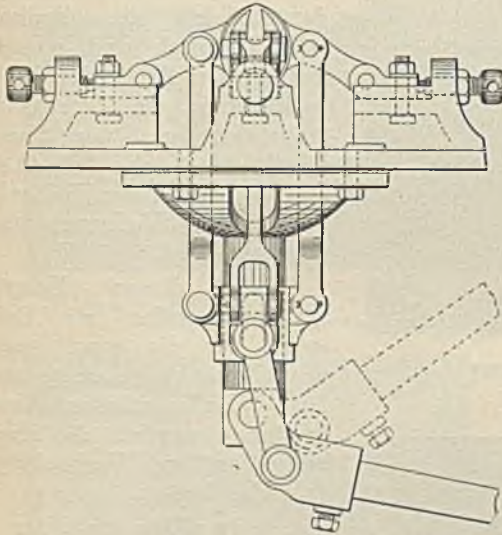


Abb. 605. Eccles-Ballmaschine mit 4 Backen, geschlossen, in Seitenansicht



Abb. 608. Zuschnitt mit Ventilpfropfen für eine 4-backige Eccles-Ballmaschine



Abb. 606. Waagerechter Schnitt durch die geschlossenen vier Backen der Eccles-Ballmaschine

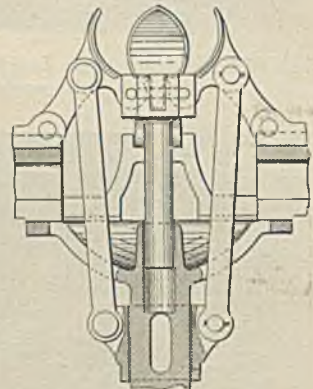


Abb. 607. Eccles-Ballmaschine mit 4 Backen, geöffnet, im Längsschnitt

ist in der britischen Patentschrift 13 235 A. D. 1897 ausführlich beschrieben, aus der die Abb. 605, 606 und 607 entnommen sind. Sie wird mit drei oder vier Backen gebaut und es müssen dementsprechend dreieckige bzw. viereckige Plattenzuschnitte verwendet werden. Wie bei der Hand-Ballmacherei werden auch bei den Maschinenbällen die unvulkanisierten Zuschnitte vorgewärmt und der Ventilpfropfen aufgedrückt (siehe Abb. 608). Vielfach werden die Zuschnitte mit einem Datumstempel und einem Kontrollzeichen des Arbeiters versehen. Der Arbeitsgang ist folgender:

Die vorgewärmte Platte wird in die Maschine eingelegt (siehe Abbildung 609). Die Backen haben Bohrungen, die an eine Vakuumleitung

angeschlossen sind. Die Platte wird dadurch an die Innenfläche der Backen angesaugt und legt sich dicht an die Wand an. Nun wird das Treibmittel eingeführt (fest oder flüssig). Die Stellen des Rohballes, wo zwei oder mehrere Nähte zusammentreffen, die sogenannte Kreuznaht, wird in der Regel in der Weise verstärkt, daß man sich entweder eines Stückes unvulkanisierter Gummischnur bedient (siehe Abb. 610) oder



Abb. 609. Einlegen des Zuschnittes in die Eccles-Ballmaschine

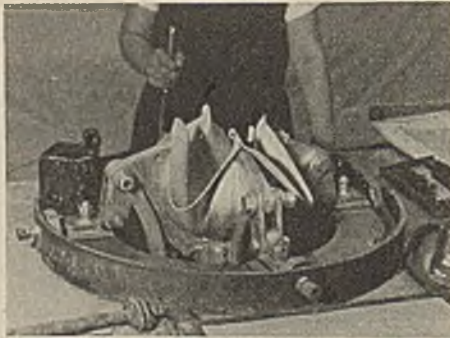


Abb. 610. Schließen der Backen der Eccles-Ballmaschine nach Einführung der Gummischnur bei der Kreuznaht

daß man eine Ecke des Zuschnittes umbiegt. Dann wird der Handhebel niedergedrückt, die Backen schließen sich und schneiden aus der Platte den Rohball heraus, an dem noch manchmal lose der Überschuß hängt (siehe Abb. 611). Abb. 612 zeigt den Rohball, wie er zur Vulkanisierung gebracht wird.

Neben diesen Hauptsystemen sollen als Beispiele für die sonst noch versuchten Wege einige andere Ballmaschinen beschrieben werden, die aber keine größere Verbreitung gefunden haben.

4. Henri Hamet, Paris, patentierte im Jahre 1900 ein Verfahren und Apparate, wonach der Ball aus zwei halbkugelförmigen Schalen zusammengesetzt wird. Diese Schalen werden aus der ebenen Gummiplatte in hohle Halbkugelformen durch Vakuum eingesaugt und dabei von der Innenseite durch Stempel, Preßbeutel oder Preßgas u. dgl. an die Wandung gepreßt, eventuell zugleich erwärmt. Je eine solche Schale wird in die zwei Halter eines Apparates gesetzt, der dann die eine Schale durch von außen einwirkende Preßluft mit ihrem Rand überlappend gegen jenen der anderen Schale treibt. Beide Schalen werden durch einen strammsitzenden Formring, der die Ränder derselben zusammenpreßt, ausgestoßen. Selbstverständlich muß das Treibmittel vor dem Schließen zwischen die beiden Gummischalen eingebracht werden (Ö. P. 5503 und 5539).

5. Hermann Berstorff und Ed. Meyer in Hannover, erwarben im Jahre 1901 ein Patent (D. R. P. 130 872), nach dem der Ball aus einem geschlossenen Hohlzylinder von rohen Gummiplatten hergestellt wird. Der Zylindermantel wird aus zwei Plattenstücken so erzeugt, daß sie von entgegengesetzten Seiten durch Stempel in ein metallisches Rohrstück hineingetrieben werden, bis sich die Böden der entstehenden zwei Gummibecher berühren. Dieser Doppelboden wird nun durch die vordringenden Kanten der Stempel knapp innerhalb des Gummizylinders

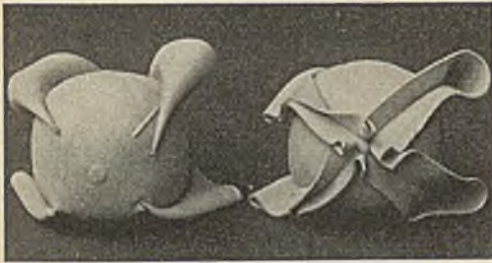


Abb. 611. Rohball aus der Eccles-Ballmaschine samt Abfall



Abb. 612. Rohbälle aus einer vierbackigen Eccles-Maschine



Abb. 613. Rohball gemäß D. R. P. 130 872 (Berstorff & Meyer)



Abb. 614. Plattenzuschnitt gemäß österr. Patent Nr. 50 688 der The New Eccles Rubber Works Ltd. in Eccles



Abb. 615. Rohball, System New Eccles im Aufriß und Kreuzriß

herausgeschnitten. Auf beide offenen Enden des Gummizylinders werden dann durch ein zweites Paar Stempel die ebenen oder etwas gewölbten Böden aus Gummiplatte aufgesetzt und die überflüssigen Ränder abgezwickelt (siehe Abb. 613). Diese Methode soll gleichmäßigere Wandstärken der Bälle erzielen.

6. Die Ballmaschine der Helsingborgs Gummifabriks A. B. in Helsingborg.

Die Rohbälle haben Linsenform und werden durch bloßes Einsaugen zweier Gummiplatten in Formlöcher mittels Vakuum und darauffolgendes Zusammenpressen der neben den Formlöchern verbleibenden Plattenteile erzeugt und durch ein Rohrmesser vom Abfall getrennt (Ö. P. 45 360).

7. Im Jahr 1911 ließ sich die Firma The New Eccles Rubber Works Ltd. in Eccles (England) eine Ballmaschine patentieren, die den Rohball aus zwei eigenartig geformten länglichen Plattenstücken aufbaut (siehe Abb. 614). Diese Stücke werden durch entsprechende Stempel etwa halbzyklinderrförmig um die strichpunktierte Achse gebogen und mit

rechtwinklig zueinander stehenden Achsen längs der Ränder vereinigt, wobei der Überschub der ursprünglich quadratischen Platten abgeschnitten wird. Der Rohball sieht in Aufriß und Kreuzriß etwa folgendermaßen aus (siehe Abb. 615).

8. Fred Thomas Roberts in Trenton und R. H. Rosenfield in Cleveland (USA.) patentierten ein Verfahren zur Herstellung der Hohlbälle, bei dem die halbkugelförmigen Rohballschalen in die Höhlungen der Formhälften eingelegt werden. Die Formhälften samt Ballhälften werden in einen geschlossenen Behälter mit Druckgas, z. B. Druckluft, gebracht und geschlossen, wobei das Innere der Bälle mit Druckgas gefüllt wird, ohne Ventiltropfen o. dgl. zu verwenden. Die Ränder der Halbbälle werden durch Zusammenpressen vereinigt. In demselben Druckbehälter kann durch Einleiten von Dampf auch gleich vulkanisiert werden.

9. Die Ungarische Gummiwarenfabrik A.-G., Budapest, hat auf eine Weiterbildung der Wolcottschen Ballmaschine das Ö.P. 130 312 erworben, nach dem die Handarbeit der Beschickung und Entleerung weitestgehend maschinell ersetzt ist.

Ballvulkanisierung

Die Hohlbälle werden in zweiteiligen Formen, deren Hälften Halbkugellöcher haben, vulkanisiert (Abb. 616). Meist hat jede Form mehrere Abdrücke, bei $1\frac{1}{8}$ -Zoll-Bällen z. B. 120 bis 140, bei 10-Zoll-Bällen nur vier Abdrücke. Anfangs erzeugte man die Formen aus Gußeisen oder Stahlguß, jetzt vielfach aus Leichtmetall. Dadurch erleichtert man die Handhabung und spart an Wärmearaufwand und Vulkanisierzeit.

Früher hat man die erwähnten eisernen Formen mit Hilfe von Mutterschrauben geschlossen gehalten, mittels Kranes oder auf Wagen in die Vulkanisierkessel gebracht und im direkten Dampf vulkanisiert. Nach Beendigung der Vulkanisation wurden die Formen mit Wasser gekühlt, damit die Bälle beim Öffnen nicht überdehnt werden, geöffnet und frisch beschickt. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß große Massen erwärmt und wieder abgekühlt werden müssen. Dies erfordert viel Dampf, Kühlwasser und Zeit und ergibt dadurch eine schlechte Ausnutzung der Formen. Diese umständliche Arbeit mit den schweren Gußstücken bedingt hohe Löhne; außerdem verursacht die Erhaltung der Formen erhebliche Unkosten, da die Formen leicht rosten und wiederholt geputzt und nachgearbeitet werden müssen.

Ebenso unwirtschaftlich, aber leichter zu bedienen, ist das Vulkanisieren der Bälle in Pressen mit glatten Heizplatten, zwischen die die Ballformen eingeschoben werden.

Moderne Anlagen arbeiten mit eigenen Ballpressen (siehe Abb. 653, S. 867), bei denen Ober- und Unterteil als Formhälften ausgebildet sind, durch deren Hohlraum Dampf bzw. Wasser geschickt wird. Der Oberteil der Presse kann entweder durch ein mechanisches Hebewerk aufgehoben und gedreht oder nach Art eines Uhrgehäusedeckels mit Scharnier aufklappbar und durch Gegengewicht ausbalanciert sein (Dunlop-Konstruk-

tion). Bei dieser modernen Vulkanisationsart fällt der ganze Formen-transport weg und ist wegen der kleineren Metallmassen die Heiz- und Kühlzeit kürzer und der Dampf- und Kühlwasserverbrauch geringer. Die Stücklöhne sind infolge der leichteren Bedienung wesentlich kleiner, die Anschaffungskosten und der Platzbedarf allerdings höher.

Die Formhöhlungen werden beim Einlegen ebenso wie die Rohbälle meist mit Federweiß u. dgl. eingestaubt, man kann aber ebensogut ein flüssiges Formeneinstreichmittel mit einem Pinsel oder einer Spritzpistole auftragen.

Durch die Erwärmung erweicht der Rohball, seine Wand wird durch das Treibmittel allmählich ausgedehnt, an die Formwandung angepreßt und gleichzeitig vulkanisiert.

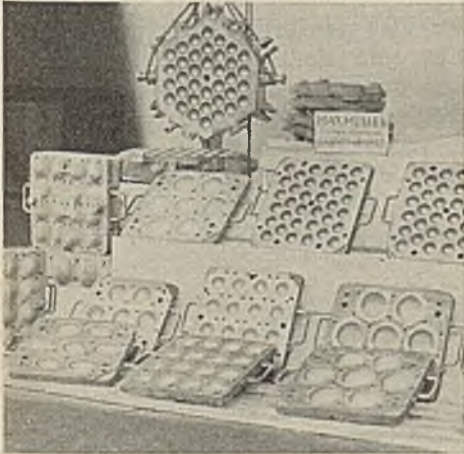


Abb. 616. Ballvulkanisierformen, im Hintergrund eine Ballvulkanisierpresse



Abb. 617. Handgemachte Naht, a theoretisch, b praktisch



Abb. 618. Gute Maschinenballnaht, schematisch



Abb. 619. Schlechte Maschinenballnaht, schematisch

Werden die Formhöhlungen graviert, dann kann man den Bällen erhabene oder vertiefte Verzierungen einprägen und erhält so die Reliefbälle. Auf diese Art werden zum Beispiel die narbige Haut von Orangen oder die Nähte und Verschnürung eines Fußballes nachgeahmt.

Bei allen Bällen sind naturgemäß die Nähte die heikelsten Stellen und geben am häufigsten zu Fehlresultaten Anlaß. Bei den handgemachten Nähten sollte theoretisch die Wandstärke keine Veränderung zeigen und so wie Abb. 617 bei a aussehen. In der Praxis werden aber die beiden abgescrägten Ränder der benachbarten Plattenteile immer etwas mehr übereinandergelegt, so daß die Naht eine Verdickung bildet (Abb. 617 bei b). Bei den großen Bällen pflegt man überdies zur Sicherheit auf die Kreuznaht des Rohballes eine dünne, unvulkanisierte Gummiplatte als Polscheibe aufzukleben. Während bei den handgemachten Nähten die Plattenteile schon so aneinandergesetzt werden, daß sie annähernd eine geradlinige Fortsetzung bilden, stehen bei den maschinengemachten

Nähten die Platten unter einem spitzen, rechten oder stumpfen Winkel zueinander und werden in solcher Winkelstellung abgezwickt und verschweißt. Beim Austreiben des Balles in der Vulkanisation muß dann der erwähnte Winkel zu einem gestreckten (180°) vergrößert werden, wodurch mehr oder minder große Verlagerungen des Materiales bei der Naht eintreten müssen. Dabei ist anzustreben, daß die Naht im vulkanisierten Zustand etwa wie in Abb. 618 verdickt ist und nicht wie in Abbildung 619 eine Kerbung aufweist, die immer eine schwache Stelle bleibt und daher beim Lagern oder im Gebrauch leicht bricht. Zur Vermeidung einer schlechten Naht müssen die einmal erprobten Mischungen ständig auf ihren Plastizitätsgrad geprüft und die Backen der Ballmaschine dauernd kontrolliert werden. Wenn die vulkanisierten Bälle an der Oberfläche Falten zeigen, dann ist eine zu weiche Mischung verwendet worden.

Je nachdem, ob die Gasentwicklung des Treibmittels eine nicht umkehrbare, oder eine reversible ist, sind die abgekühlten vulkanisierten Bälle prall oder schlapp. Früher ließ man das Gas durch eine eingestochene Hohnadel wieder möglichst ganz entweichen, um den Ball sodann mit reiner Luft, Stickstoff od. dgl. aufzublasen. Der Zweck ist, die Verfärbungen der Dekoration durch den schädlichen Einfluß des Treibmittels zu vermeiden. Heute verwendet man Treibmittel, wie Natriumnitrit und ähnliche, die ein Nachblasen entbehrlich machen.

Schleifen

Der Austrieb an der Formnaht bildet einen Grat, der entfernt werden muß (Abb. 620). Längs der Nähte zeigen sich an der Oberfläche oft Vertiefungen, die man auch ausschleift. Man benutzt dazu schnell rotierende Schleifscheiben, wie z. B. solche aus Holz mit grobem Schmirgel beleimt oder die gebräuchlichen Karborundum - Schleifscheiben. Der entstehende Schleifstaub wird abgesaugt und in einem Staubfänger gesammelt.



Abb. 620. Vulkanisierte Bälle mit Preßgrat

Trommeln

Um eine gleichmäßige Oberfläche der Bälle zu erzielen, werden sie getrommelt. Kleine Bälle werden oft gar nicht geschliffen, sondern nur getrommelt.

Zur Ersparung der Sortierarbeit kommen meist Bälle von derselben Größe in hölzerne Trommeln, die um waagerechte Wellen laufen und innen mit Schmirgel ausgekleidet sind. Manche sitzen schief auf der Welle, um das seitliche Durchmischen der Bälle zu verstärken. Die Zeitdauer des Trommeln hängt von der Qualität der Bälle und von der Geschwindigkeit der Trommel ab.

Nach der Behandlung in diesen möglichst staubdicht geschlossenen Scheuertrommeln werden die Bälle in Entstaubungstrommeln, deren Mantel aus Latten mit Zwischenräumen besteht, in kurzer Zeit vom anhaftenden Schleifstaub befreit. Bälle, die bemalt werden sollen, werden überdies noch gewaschen, um sie vom Staub gründlich zu reinigen.

Bläserei

Bälle, die infolge der Natur des Treibmittels nach der Vulkanisation oder nach längerem Lagern oder aus anderen Ursachen schlapp oder zu weich oder im Durchmesser zu klein sind, werden auf den richtigen Durchmesser geblasen. Dazu benutzt man hohle Blasnadeln von 1,4 bis 2,4 mm Durchmesser, deren Hohlraum seitlich in einem runden oder länglichen Loch beim Übergang des zylindrischen Schaftes in die Spitze mündet (siehe Abb. 621). Diese Hohladeln haben am offenen Ende entweder eine Blechhülse zum Anlöten oder einen durchbohrten Gewindebolzen, um sie einzuschrauben und werden mit einer Preßluftleitung von etwa 2 bis 3 atü verbunden. Meist ordnet man an einem großen Tisch mit



Abb. 621. Blasnadel im Schnitt

kastenförmigem Aufsatz mehrere Blasstellen nebeneinander an. Man sucht durch Tasten das Ventil, wobei man streng zwischen diesem und den ebenfalls etwas härteren Kreuznähten unterscheiden muß. Nun wird der Ball mit beiden Händen vor die Brust genommen und mitten durch den Ventiltropfen auf die Nadel gestoßen. Es ist Sache der Übung, die Zeit zu bemessen, durch die man Luft in den Ball einströmen läßt. Sobald genug Druck im Ball erreicht ist, was bei kleinen Bällen nur Bruchteile einer Sekunde dauert, wird die Luftzufuhr unterbrochen. Nach dem Herausziehen der Blasnadel wird die entstandene Öffnung durch Hineinstopfen des Ballkittes verschlossen. Der Ballkitt ist dicker Gummiteig und es ist wichtig, daß er die nötige Konsistenz und richtige Elastizität hat.

Dekorieren der Bälle

Die Lacke, die zum Bemalen der Bälle dienen, sind im allgemeinen Öllacke, auf reiner Leinölfirnisgrundlage aufgebaut und werden mit reinem Terpentinöl verdünnt. Die notwendigen Trockenstoffe dürfen nur in sehr geringen Mengen zugesetzt werden, damit die Lacke nach dem Trockenprozeß ihre Elastizität nicht einbüßen. Die Farben werden auf Farbreibmühlen oder Farbreibwalzen angerieben, müssen giftfrei und sollen lichtecht sein. Als Farbstoffe für die Streichlacke werden Erdfarben, Zinkweiß, Lithopone, Ultramarinblau u. dgl. verwendet, ebenso die sogenannten Lackfarben, das sind auf Schwerspat, Kaolin u. dgl. gefällte organische Farbstoffe. Die Trockendauer dieser Farben beträgt in der Regel mindestens acht Stunden. Auch die farblosen Überzugslacke, die dem fertigen Ball den Hochglanz geben, sind reine Leinölfirnislacke, doch müssen diese wesentlich rascher trocknen, längstens in vier Stunden.

Außer diesen Lackfarben werden für das Dekorieren der Bälle in großen Mengen Spritzlacke (Nitrolacke) verwendet, die aus Nitrocelluloseestern bestehen. Als Verdünnung werden bei diesen Lacken Amylacetat, Benzin, Alkohol und ähnliche Lösungsmittel benutzt. Die verschiedenen Farben werden durch spritlösliche Farbstoffe erzielt. Sowohl bei den Streichlacken als auch bei den Spritzlacken werden reine und gefärbte Aluminiumbronzepulver als Zusatz verwendet.

Außer diesen erwähnten Lacken werden noch die sogenannten Gummi-Emallösungen benutzt. Diese werden in der Weise hergestellt, daß entsprechend gefärbte Gummimischungen in Benzin od. dgl. aufgelöst werden.

Sobald der Ball in die Malerei kommt, wird er auf Transportbretter aufgesetzt, die auf einer Seite derart mit Nägeln versehen sind, daß je drei mit den Köpfen oder mit den Spitzen eine Gruppe bilden, die einen Ball tragen kann. Diese Gruppen müssen untereinander durch einen entsprechenden Mindestabstand getrennt sein, damit sich die Bälle nicht berühren können. Daher muß für jede Ballgröße eine eigene Sorte Ballbretter mit entsprechender Nagelverteilung bestehen. Auf diesen Ballbrettern werden die Bälle von einem Arbeitsplatz zum anderen gebracht und zum Trocknen in große Gestelle eingeschoben. Mit Rücksicht auf die verschiedenen Ballgrößen müssen die Trockengestelle verschieden hohe Fächer haben. Eine bessere Ausnutzung des Raumes erhält man durch Weglassung der festen Gestelle und Ausbildung der Ballbretter mit Füßen, die dem Durchmesser der Bälle entsprechen. Dadurch kann man die vollen Bretter aufeinanderstellen und so das feste Gestell ersetzen. Wenn das unterste Brett fahrbar gemacht wird, kann man den ganzen Stapel fortrollen und dadurch viel Transportarbeit sparen.

Vielfach werden die Bälle vor dem Auftragen der Farben mit einem verdünnten Öllack grundiert, um eine bessere Verbindung der Farben mit der Unterlage zu erreichen. Das Auftragen dieses Grundierlackes, sowie das Malen der Bälle im engeren Sinne, wird entweder durch Aufstreichen der Ölfarblacke mit einem Pinsel oder durch Aufbringen der Lacke in Farbtrommeln vorgenommen.

1. Das Streichverfahren. Mit einem breiten, flachen Pinsel wird die entsprechend verdünnte Öllackfarbe zunächst auf einer Ballhälfte aufgestrichen und nach dem Trocknen der Farbe auch auf der anderen. Dieses Verfahren erfordert Übung und Geschicklichkeit. Will man auf den gestrichenen Bällen Abziehbilder anbringen, darf der Lackanstrich nicht vollkommen trocken sein, weil sonst das Bild nicht hält. Die für diesen Zweck eigens hergestellten Abziehbilder werden zunächst mit einem Bilderlack überstrichen, der im Handel erhältlich ist. Die überstrichenen Bilder werden aus dem Bogen herausgeschnitten, mit der Bildseite nach oben auf heißes Wasser gelegt, damit die organische Bindemittelschicht zwischen Papier und Bild erweicht. Das Bild wird dann wieder mit der Bildseite nach oben auf eine weiche, glatte Unterlage gelegt und der Ball mit beiden Händen kräftig aufgedrückt, so daß das Bild auf dem Ball klebenbleibt. Die Papierunterlage wird nun abgezogen und das Bild auf dem Ball mit einem Lappen überwischt.

Das Streichverfahren gestattet, die beiden Ballhälften in verschiedenen Farben zu malen und außerdem jede Hälfte zu schattieren. Zum Schattieren wird der Pinsel an den beiden Ecken mit verschiedenen Farben benetzt und es entsteht während der Arbeit der gewünschte Farbübergang.

Zum Verdecken des Randes des Farbaufstriches bei Bällen, deren Hälften verschieden farbig gestrichen sind oder zum Abschluß des Randes sonstiger Dekorationen, sowie schließlich als Verzierung, werden die Bälle oft mit andersfarbigen Linien längs des Äquators und parallel zu diesem versehen. Diese Linien und breitere Bänder werden mittels besonderer Pinsel, die schräg gestutzt sind, auf einer Drehvorrichtung, der sogenannten Drehscheibe (Abb. 622), gezogen, indem man mit einer Hand den Ball in Umdrehung versetzt und mit der anderen den Pinsel dagegenhält. Bei besonderer Geschicklichkeit können die Binden auch mit langhaarigen Schlepp-Pinseln freihändig gemalt werden.

2. Trommelmalerei. Die aus Blech oder Holz hergestellte faßförmige Trommel wird etwa zur Hälfte mit Bällen gefüllt und über diese die Lackfarbe gegossen. Man läßt nun die Trommel einige Minuten um ihre waagerechte Achse langsam rotieren, so daß die Oberfläche der Bälle mit einer gleichmäßigen Lackschicht überzogen wird. Die Bälle werden wie beim Streichverfahren einzeln auf die Bretter aufgesetzt und zum Trocknen gestellt.

Die Trommelmalerei hat vor dem Streichverfahren den Vorteil der Lohnersparnis und kann auch von weniger geübten Arbeitskräften ausgeführt werden. Da die Bälle in einer Operation auf beiden Hälften gleichzeitig bemalt und viele Bälle zugleich in einem Gang getrommelt werden können, ist eine hohe Produktionsmöglichkeit gegeben. Dieser Vorteil besteht aber nur bei Bällen, bei denen der Grund einfarbig ist. Von Nachteil ist bei diesem Verfahren der Umstand, daß die nasse Oberfläche mit den Nägeln der Ballbretter in Berührung kommt und nach dem Trocknen Abdrücke sichtbar bleiben. Auch der größere Farbverbrauch wirkt sich nachteilig aus, da die Lackschicht hier dicker aufgetragen wird und Farblack in der Trommel verlorenght.

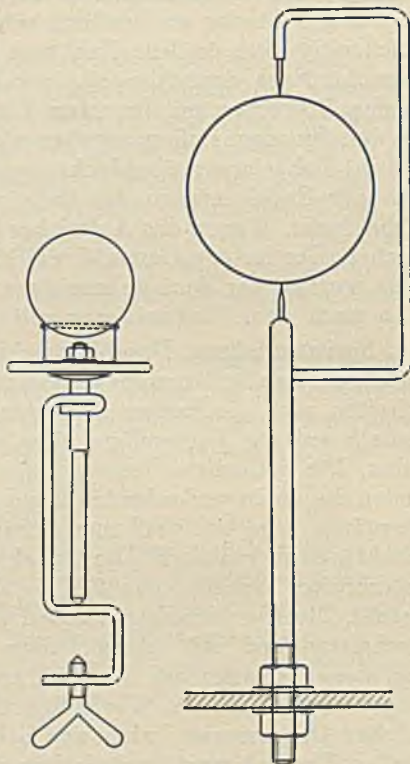


Abb. 622.
Drehscheibe
f. Ballmalerei

Abb. 623 Klammer
zum Tauchen von
Hohlbällen

Die Trommelmalerei läßt sich vorteilhaft auf das Marmorieren von Bällen anwenden. Der Vorgang ist der gleiche wie beim einfarbigen Lackieren, nur werden hier gleichzeitig mehrere Farben in die Trommel eingetragen.

3. Tauchverfahren. Um einen hochelastischen einfarbigen Farbauftrag herzustellen, taucht man die Bälle in gefärbte Gummilösungen. Die Bälle werden zwischen Drahtspitzen eingeklemmt, die in entsprechenden Abständen auf Stielen an Brettern befestigt sind (siehe Abb. 623). So wird gleichzeitig eine größere Zahl von Bällen in ein Gefäß mit der Farbe getaucht. Nach dem Abrinnen der Farbe tupft man die sich unten bildenden Tröpfchen mit feuchtem Pinsel ab und läßt die Bälle trocknen. An den Einspannstellen ergeben sich Unebenheiten, die nur durch die spätere Dekorierung überdeckt werden können.

In der Regel müssen die Bälle mehrmals getaucht werden, bis die Farbe deckt. Wegen des Auftriebes ist es schwierig, Bälle über 3 Zoll zu tauchen. Der farbige Gummi-Emailüberzug wird dann vulkanisiert; matte Bälle werden vor dem Vulkanisieren eingestaubt, hochglänzende Emailbälle nach dem Vulkanisieren mit einem Emailüberzugslack versehen.

4. Spritzverfahren. Das billigste Dekorationsverfahren ist das Spritzverfahren. Das Spritzen des Grundfarbauftrages auf Bällen bietet Schwierigkeiten, weil die Farben nicht genügend decken. Man beschränkt sich deshalb auf die Verwendung des Spritzens für die mehrfarbige Dekoration. Die einfachste Verwendung ist dabei das Spritzen von farbigen Zonen, die einen verlaufenden Rand aufweisen und von selbst schattierte Übergänge schaffen. Will man scharfe Umrisse erreichen, so muß man Schablonen verwenden. Die Schablonen werden halbkugelig mit etwa fingerbreiter Kreppe aus 0,6 bis 0,8 mm starkem Messingblech hergestellt. Die Aussparungen werden vorgezeichnet, mit der Laubsäge ausgeschnitten und mit feinen Feilen geglättet. Es ist wichtig, daß die Schablonen stramm auf den Ball passen, weil sonst unscharfe Begrenzungslinien entstehen. Vorbedingung ist daher, daß die Bälle ganz gleichen Durchmesser haben und beim Blasen mit der Schablone geprüft werden. Um mit zwei Spritzfarben dreifarbige Wirkungen hervorzubringen, kann man bei zweckmäßiger Anordnung der Aussparungen eine einzige Schablone verwenden, die man als Drehschablone benutzt. Die dritte Farbe entsteht dabei durch die Überdeckung einzelner Flächenstücke der beiden Spritzfarben.

Als Spritzpistolen verwendet man die in der Spritztechnik üblichen Apparate mit verhältnismäßig kleinen Düsen. Bei jedem Arbeitsplatz sind ständig mehrere Spritzpistolen mit verschiedenen Farben verwendungsbereit angeschlossen, um rationell arbeiten zu können. Die Preßluft wird von einem Kompressor mit 2 bis 3 atü geliefert und muß frei von Kondenswasser und Öl sein, so daß sich schon aus diesem Grunde ein Windkessel empfiehlt.

Die Spritztische sind als Digestorien ausgebildet, damit beim Arbeiten keine Belästigung durch Einatmen der Dämpfe eintritt. Die Absaugleitungen müssen wegen der ständigen Verkrustung durch die abziehen-

den Farbnebel häufig gereinigt werden, da die Selbstentzündungsgefahr sehr groß ist.

5. **Das Velourieren.** Eine eigene Technik bildet das Überziehen der Bälle mit Textilfasern. Die vulkanisierten Bälle werden zunächst entweder mit Öllackfarben oder mit Gummilösung überzogen und dann mit Textilfasern, wie z. B. Baumwollstaub, Kunstseidenstaub u. dgl., bedeckt. Bei Verwendung von Gummilösung muß die Decke durch Vulkanisieren fixiert werden.

Im allgemeinen sind die hochglänzenden Bälle bei den Kindern die beliebtesten, weil die Leuchtkraft der Farben dadurch viel besser zur Geltung kommt. Dieser Hochglanz wird nach Fertigstellung der Malerei durch Auftragen des früher erwähnten Überzugslackes erzielt. Durch den Hochglanz kommen aber auch die kleinsten Unebenheiten der Balloberfläche zum Vorschein und es ist deshalb wichtig, die Bälle während der Bemalung und Lackierung möglichst vor Staub zu schützen. Der Überzugslack gibt dem farbigen Ball nicht nur das prächtige Aussehen, sondern bietet auch einen mechanischen Schutz für die darunter befindlichen Farbschichten.

Neben den, nach den angeführten Methoden hergestellten farbigen Bällen werden aber auch große Mengen von Bällen auf den Markt gebracht, die bloß die Farbe des rohen Balles zeigen. Hauptsächlich wären in dieser Art die grauen und die sogenannten Terrakottabälle zu erwähnen.

Sortierung

Die Bälle werden in der Malerei in Serien von gleicher Größe und gleichem Muster dekoriert und müssen vor dem Versand sortiert werden, da die einzelnen Bälle im Dutzend in den Farben oder im Muster voneinander verschieden sein sollen. Bei dieser Gelegenheit werden auch alle Bälle ausgestoßen, die den Anforderungen an einen guten Ball nicht entsprechen, und es bildet die Sortierung eine wichtige Kontrolle vor dem Versand.

In jedem Karton werden zwischen die einzelnen Bälle Streifen bzw. Blätter reinen Papiers eingelegt, damit der empfindliche Überzugslack nicht durch die Erschütterung am Transport beschädigt wird.

Da die bunten Bälle gegen tiefe Temperaturen empfindlich sind, muß beim Versand im Winter darauf Rücksicht genommen werden.

Halbmassivbälle

Die Bälle dieser Gruppe unterscheiden sich von den normalen Spielbällen durch die größere Wandstärke. Diese bewegt sich zwischen 5 und etwa 12 mm. Wegen der großen Plattenstärke werden die Halbmassivbälle meistens nicht mit Ballmaschinen erzeugt und haben auch vielfach keinen Ventilpfropfen. Sie werden in der Regel in der Naturfarbe der Mischung (gewöhnlich schwarz) geliefert und dienen besonderen Zwecken, wie z. B. für Tamburinspiele u. dgl.

Massivbälle

Poröse oder Hundebälle

Die porösen oder Hundebälle werden aus ganz billiger, verhältnismäßig spezifisch schwerer Schwammgummimischung hergestellt und dienen hauptsächlich als Dressurbehelf oder Spielzeug für Hunde.

Die Größen werden nach Nummern bezeichnet, und zwar:

Nr.	0	entspricht	1	Zoll	Durchmesser
"	1	"	$1\frac{1}{8}$	"	"
"	2	"	$1\frac{1}{4}$	"	"
"	3	"	$1\frac{1}{2}$	"	"
"	4	"	$1\frac{3}{8}$	"	"
"	5	"	$1\frac{3}{4}$	"	"
"	6	"	2	"	"
"	7	"	$2\frac{1}{8}$	"	"
"	8	"	$2\frac{1}{4}$	"	"
"	9	"	$2\frac{1}{2}$	"	"
"	10	"	$2\frac{3}{4}$	"	"

Das Gewicht pro Ball bewegt sich zwischen 10 und 250 g, je nach der Größe.

Von der unvulkanisierten Mischung werden kleine Stücke ausgewogen, zu Kugeln gerollt, eingestaubt und vulkanisiert. Die vulkanisierten Bälle werden durch Abschneiden des Preßgrates geputzt und entweder in dieser Form geliefert oder einfach bemalt.

Schwammgummibälle

Da der Hohlball gegen Verletzungen immerhin empfindlich ist, haben sich auch die Schwammgummibälle eingebürgert, die sehr widerstandsfähig sind. Das Gewicht steigt mit der dritten Potenz des Durchmessers und begrenzt dadurch die Größe. Man macht daher eine spezifisch möglichst leichte Mischung und erzeugt die Bälle gewöhnlich nur in den Größen von $1\frac{1}{8}$ bis 3 Zoll. Die Mischung muß so zusammengesetzt werden, daß die Poren gleichmäßig werden, der Ball nicht zu hart ist und dabei gut springt. Als Treibmittel kommen, wie bei den Hohlballen, auch hier die Ammonkarbonate, Natriumnitrit u. dgl. zur Verwendung. Die entstehenden Poren haben untereinander keinen Zusammenhang, sondern sind durch dünne Wände, die Gas einschließen, voneinander getrennt. Die Oberfläche der Schwammgummibälle soll keine sichtbaren Poren zeigen und möglichst glatt sein. Man kann dies dadurch erreichen, daß man auf den rohen Schwammgummikern eine Decke aus einer Mischung auflegt, die kein Treibmittel enthält und kann den Formgrat dieser Bälle nach dem Vulkanisieren abschleifen. Andernfalls stimmt man die Zusammensetzung der Schwammgummimischung und die Vulkanisation so ab, daß sich außen eine Schicht bildet, an der man mit freiem Auge keine Poren sieht. Diese Schicht läßt sich nur schwer schleifen. Das Wesentliche bei diesen Bällen ohne besondere Decke ist, daß der Rohball ohne Zerreißung seiner Oberfläche die Form ausfüllen muß, bevor noch die Gesamtmenge des im Ball enthaltenen Treibmittels zur Wirkung gelangt.

Das D. R. P. 427 431 erreicht dies dadurch, daß der Rohball vor der eigentlichen Vulkanisation oberflächlich mit Chlorschwefel anvulkanisiert wird.

Von der Mischung werden Stücke, deren Gewicht der Ballgröße entspricht, abgeteilt und durch Rollen kugelhähnlich geformt. Wenn sich dabei wegstehende Zipfel bilden, so müssen diese abgeschnitten werden, damit beim Vulkanisieren keine Überlappungen entstehen.

Die Schwammgummibälle werden in derselben Weise wie die Hohlbälle vulkanisiert, nur ist eine längere Heizzeit notwendig.

Um den Schwammgummibällen ein schöneres und verschiedenfarbiges Aussehen zu geben, werden sie meistens nach dem Tauchverfahren emailliert. Da diese Bälle ohne Schaden aufgespießt werden dürfen, werden sie zum Tauchen auf dünne Nadeln gesteckt, die auf dem Tauchbrett aufgeschraubt sind. Das Aufstecken selbst muß mit Sorgfalt geschehen, da nach dem Tauchen an der Stelle des Einstiches immer ein kleines Loch bleibt. Um dieses möglichst unauffällig zu machen, ist es notwendig, den Ball nicht an beliebiger Stelle, sondern genau am Preßgrat (Austrieb) aufzustecken und dabei die Nadel genau zum Mittelpunkt des Balles zu richten (Abb. 624). Dies ist für das spätere gute Aussehen des Balles unerlässlich. Auch die Schwamm­bälle können in gleicher Weise dekoriert werden wie die Hohl­bälle. Bei der Auswahl der Farbstoffe ist auf die verwendeten Treibmittel besondere Rücksicht zu nehmen, da sonst leicht Verfärbungen entstehen.

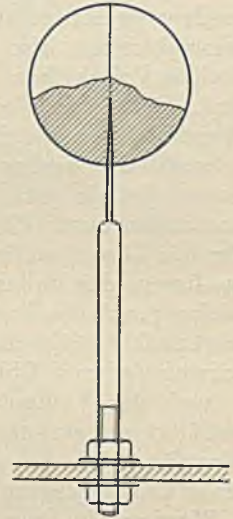


Abb. 624. Aufstecken von Schwammgummibällen zum Tauchen

Salonbälle

Der Salonball unterscheidet sich von den gewöhnlichen Spielbällen durch seine hohe Elastizität und sein geringes Gewicht. Die ersten Salonbälle wurden aus Patentgummiplatten hergestellt. Auch heute findet man neben Salonbällen aus gezogener — noch solche aus geschnittener Platte. Die Kugelfläche des Balles wird aus mehreren, meistens acht Bogenzweiecken zusammengesetzt, die von je zwei Meridianen begrenzt sind. Es kommen aber auch andere Flächenelemente vor, wie z. B. bisquitförmige. Die Gummiplatten sind je nach der Größe des Balles 1,5 bis 2,5 mm stark. Diese Bälle werden in den Größen von 3 Zoll bis 10 Zoll erzeugt und kalt ohne Formen vulkanisiert. Dadurch ist es leicht möglich, Gummiplatten mit reliefartig gemusterter Oberfläche zu verwenden. Die Bogenzweiecke, aus denen der Ball besteht, werden häufig abwechselnd in zwei oder mehreren Farben angeordnet. Die gestanzten Teile werden an den senkrechten Schnittflächen mit unbeschwerter Gummilösung bestrichen und sorgsam von Hand aus aneinandergefügt. Da man einen

kräftigen Druck senkrecht zu den Klebeflächen, also in der Ebene der beiden Platten, nicht direkt ausüben kann, erzeugt man ihn auf folgendem Umwege: Man klopft mit der flachen, abgerundeten Fläche eines leichten Hammers von Hand aus oder z. B. mit Preßluftantrieb auf einem Amboß in der Richtung der Klebnaht, also senkrecht zu den Platten. Durch die dabei entstehende Verminderung der Plattenstärke, die natürlich nach dem Schlag sich wieder elastisch rückbildet, trachten sich die getroffenen Plattenteile in der Plattenebene auszudehnen und werden dadurch aneinandergedrückt. Diese »geklopften Nähte« haben nur die Plattenstärke als Dichtungsbreite und erfordern große Sorgfalt bei der Erzeugung. Besonders gefährdet sind die Stellen, wo zwei oder mehrere Nähte zusammentreffen, also die beiden Pole. Zur Sicherheit werden an diesen Stellen Polscheiben aufgeklebt, die rund oder sternförmig ausgestanzt sind. Der Ventilpfropfen wird mittels Gummilösung an der inneren Wandfläche angeklebt, meist unter einer Polscheibe.

Salonbälle werden kalt vulkanisiert. Bei starkwandigen Bällen ist es notwendig, sie auch von innen zu vulkanisieren, da die Vulkanisierung von außen durch Chlorschwefel nicht genügt. Mit einer Hohnadel wird der mit Lösungsmittel verdünnte Chlorschwefel in abgemessener Menge ins Innere des Balles eingebracht und durch Rotation gleichmäßige Einwirkung auf die Innenfläche erreicht. Die Vulkanisation von außen erfolgt nach den üblichen Methoden durch Eintauchen in verdünnten Chlorschwefel oder in Chlorschwefeldunst.

Nach der Vulkanisierung werden die Salonbälle mit einer Blasnadel entlüftet und erst dann richtig aufgeblasen. Die Einstichöffnung im Ventilpfropfen wird, wie bei den übrigen Spielbällen, verkittet und oft mit einer Gummischeibe überklebt.

Werden die Salonbälle aus gezogener Platte erzeugt, dann soll der Kalandereffekt möglichst beseitigt werden. Zu diesem Zweck schneidet man die Platte in etwa 1 m lange Stücke, erwärmt diese auf einer Wärmepfanne und läßt sie, in niedrigen Stößen aufeinanderliegend, abkühlen. Die Patentgummiplatten haben vor den gezogenen Platten den Vorzug, daß sie keinen Kalandereffekt aufweisen, sich daher nach allen Richtungen gleichmäßig dehnen und einen vollkommen runden Ball ergeben.

Aufblasbare Bälle

Die Bälle dieser Gruppe bestehen aus zwei oder mehreren Plattenzuschnitten, die längs ihrer Ränder miteinander verbunden sind und im unaufgeblasenen Zustand ziemlich flach aufeinanderliegen. Die Wandstärke der Gummiplatten beträgt in der Regel weniger als 1 mm. Früher hat man die einzelnen Teile dieser Bälle entweder wie beim Salonball längs der Ränder zusammengeklopft oder überlappt aufeinandergeklebt. Erst vor etwa 15 Jahren ist man dazu übergegangen, mit stumpfen Werkzeugen zu stanzen und dadurch die Nahtverbindung gleichzeitig mit der Formbegrenzung vorzunehmen. Bei dieser Methode fallen die Ränder wohl nicht so glatt aus wie beim Arbeiten mit scharfen Stanzwerkzeugen, aber der Vorteil liegt darin, daß die beiden Platten auf eine schmale,

jedoch meßbare breite Fläche so fest zusammengedrückt werden, daß eine dauerhafte Naht entsteht. Vielfach werden die Nähte durch aufgeklebte, gleich- oder andersfarbige Deckstreifen verstärkt. Es bestehen eine Reihe von Methoden, nach denen die Bälle stanzgeschweißt werden können. Dazu gehören auch Verfahren, um an den Nähten schmale Zierstreifen (Passepoils) aus andersfarbiger Gummiplatte zu erzeugen. Als stumpfes

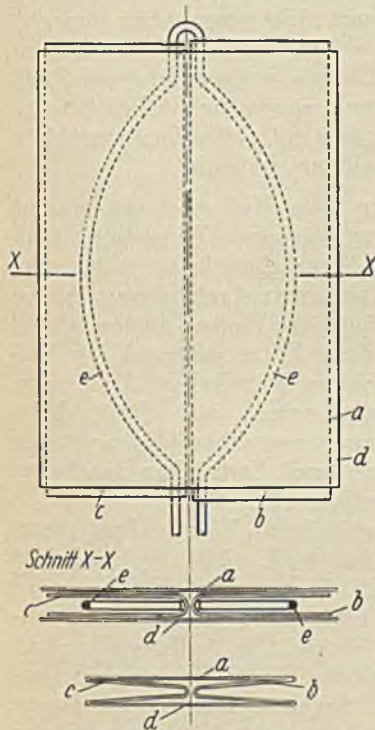


Abb. 625. Schweißstanzen eines vierteiligen Aufblasballes



Abb. 626. Füllschlauch für Aufblasbälle

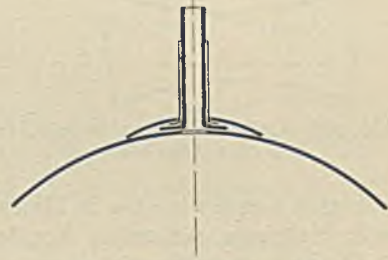


Abb. 627. Füllschlauch für eine Fußballblase

Stanzwerkzeug werden neben gravierten oder geschmiedeten, ziemlich massiven Werkzeugen, der Billigkeit halber vielfach auch runde Stahl-drähte benutzt, die entsprechend gebogen sind. Anfangs wurden diese Drähte auf Eisenplatten oder Bleche aufgelötet. Später benutzte man die Drähte allein, da sich das Blech als überflüssig erwies. Legt man einen solchen Draht zwischen zwei Paare von Gummiplatten, dann wird beim Pressen jedes der Plattenpaare für sich durchgeschnitten und verschweißt. Auf diese Weise kann man in einem Erzeugungsvorgang einen vierteiligen Ball herstellen, wenn man die Platten und den Draht gemäß Abb. 625 einlegt. An den beiden Polen entstehen dabei kurze, schlauchartige Fortsätze, die man abschneidet und durch Polscheiben schließt.

Um den Ball aufzublasen und vorübergehend zu verschließen, wurden verschiedene Wege eingeschlagen und mannigfache Lösungen gefunden.

Am einfachsten ist ein dünner Gummischlauch, der durch ein eingeschobenes Verschlußstück oder auch durch Eindrehen oder Verknoten oder Zubinden abgeschlossen und dann in das Innere des Balles versenkt werden kann. Abb. 626 zeigt einen Schnitt durch eine Ausführungsform, bei der der eigentliche zylindrische Schlauch durch den kegelförmig erweiterten Fortsatz an der Wand des Balles befestigt ist und herausgezogen bzw. hineingedrückt werden kann. Bei den Ballblasen, die in einer Hülle verwendet werden, wird der Aufblaseschlauch nicht versenkbar gemacht, sondern direkt auf die Wandung gesetzt. Bei den Fußballblasen erhält er auf dem größeren Teil seiner Länge eine Umlage aus gummiertem Stoff. An einem Ende wird der gespritzte Schlauch sowie die Stoffumlage zu einer Krempe aufgebördelt und nach Abb. 627 mit einer darübergeklebten Gummischeibe an der Wand der Fußballblase befestigt.

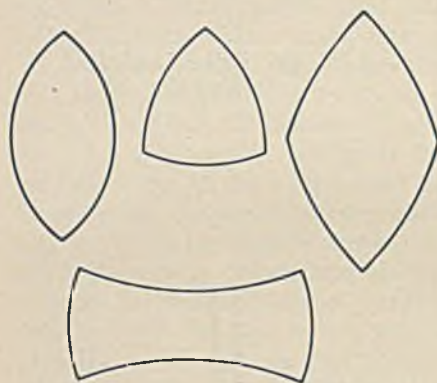


Abb. 628. Einige Flächenelemente für genähte Ballhüllen

Vor dem Vulkanisieren müssen die aufblasbaren Bälle bzw. Fuß- oder Wasserballblasen u. dgl. eine Zeitlang ganz flach, genau in den gewünschten Falten liegen, damit sie diese Form während der Vulkanisation beibehalten. Zu diesem Zweck wird die Luft beim Schlauchansatz heraufgesaugt und dieser durch Zudrücken des Endes verschlossen.

Damit beim Warmvulkanisieren der Schlauch nicht flachgedrückt wird, öffnet man sein Ende wieder und schiebt ein passendes Metallrohr hinein. Die Aufblasbälle bzw.

Ballblasen werden in eine in Pfannen befindliche Eintaubung, wie Federweiß, Magnesia carbonica, Kreide o. dgl. eingebettet und die Pfannen mit Deckeln verschlossen, damit sich möglichst wenig Kondensat auf der Gummiware bildet. Man kann aber die Gegenstände auch auf Blech o. dgl., flach liegend, in heißer Luft vulkanisieren.

Beim Kaltvulkanisieren genügt für dünne Wandstärken der Abbot oder einfaches Eintauchen im schlaffen oder leicht aufgeblasenen Zustand. Bei dickerer Platte muß auch von innen her durch Einführen von verdünntem Chlorschwefel oder Chlorschwefeldämpfen vulkanisiert werden. Mit Ausnahme des Eintauchens in verdünnten Chlorschwefel müssen die Gegenstände beim Kalt- oder Dunstvulkanisieren ständig umgewälzt werden. Das geschieht am einfachsten durch Einlegen in rotierende Trommeln, die z. B. aus Holzlatten oder Ruten hergestellt werden können.

Die Hüllen für Fußbälle werden fast immer aus Leder hergestellt, gehören also nicht in den Bereich der Gummifabrikation. Die Wasserballhüllen dagegen werden meistens aus gummierten Stoffen hergestellt. Die Stoffe sind gewöhnlich nur einseitig gummiert, und zwar entweder matt oder lackiert. Die Hülle wird aus den verschiedenst geformten Elemen-

ten aufgebaut, von denen einige als Beispiele in Abb. 628 dargestellt sind.

Die Teile für eine Hülle haben gewöhnlich zwei oder mehrere verschiedene Farben, werden gestürzt zusammengenäht und sodann gewendet. Die Stelle, wo die Ballblase eingeführt wird und zum Aufblasen und Entlüften zugänglich bleiben muß, erhält meist einen Schlitz, dessen Ränder und besonders dessen Enden gegen Einreißen durch Verstärkungen gesichert werden müssen. Außerdem wird innen eine Decklasche angebracht, die ein Herausquellen der luftgefüllten Ballseele verhindert. Der Schlitz wird meist so wie bei Fußbällen verschnürt.

Chirurgische Hohlkörper

Eine Gruppe von Artikeln, die in der Krankenpflege und Kosmetik verwendet werden, wird im allgemeinen nach den gleichen Methoden hergestellt wie die Spielbälle.

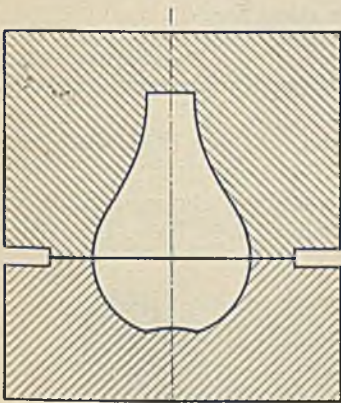


Abb. 629. Form für glatte Birnspritzen- und Hupenbälle

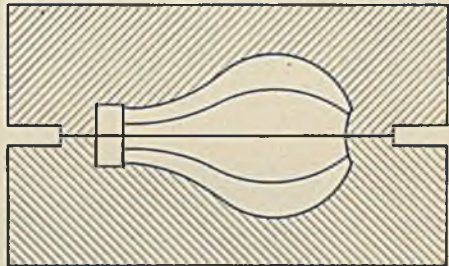


Abb. 630. Form für gerippte Birnspritzenbälle

Die Lochbälle, die als Luftpumpe für Zerstäuber dienen, werden mit Durchmessern von etwa 20 bis 65 mm, wie die Spielbälle erzeugt. Bei diesen Bällen fehlt das übliche Ventil, da sie nicht aufgeblasen werden. Die Wand wird an einer Stelle zum Einbau der Metallteile durchbohrt. Die Lochbälle werden in verschiedenen Farben und auch emailliert in den Handel gebracht.

Die Birnspritzen-, Milchzieher-, Zahnspritzenbälle, Ohren- und Nasenspritzen werden in der Regel auf Ballmaschinen so wie die Spielbälle erzeugt, wobei die Backen der Form des herzustellenden Hohlkörpers angepaßt sind. Das Ende des Halses dieser Bälle wird durch Einlegen eines massiven Gummipfropfens abgeschlossen.

Die glatten Birnspritzen werden in Formen vulkanisiert, die gemäß Abb. 629 längs des Äquators geteilt sind und haben in der Regel einen abgeflachten Boden. Es gibt aber auch gerippte Birnspritzenbälle,

bei denen die Teilungsfuge der Form gemäß Abb. 630 nach zwei Rippen, also meridional verläuft. Nach dem Vulkanisieren wird der Pfropfen durchbohrt und die Oberfläche im Schleifverfahren geputzt. Es sind Größen von 10 bis 420 cm³ Inhalt gebräuchlich. Für sehr große Birnspritzenbälle wird auch heute noch Handarbeit vorgezogen. Die Zuschnitte dafür können vorteilhaft nach Abb. 631 ausgebildet sein und werden so wie

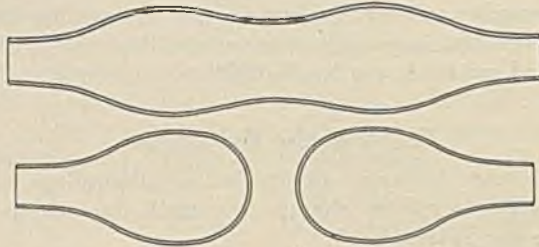


Abb. 631. Drei Zuschnitte für einen handgemachten Birnspritzenball

bei den handgemachten Spielbällen mit schrägen Kanten geschnitten und zusammengesetzt.

Die Zahnspritzenbälle gemäß Abb. 632 und Hupenbälle werden in der gleichen Weise hergestellt.

Die Milchzieherbälle sind starkwandige, stramme Bälle von etwa 50 bis 55 mm Durchmesser, mit kurzem dicken Hals. Die Wand-



Abb. 632. Zahnspritzenball



Abb. 633. Milchzieher mit gewöhnlichem Glas



Abb. 634. Milchzieher mit Kugelglas

stärke beträgt etwa $3\frac{1}{2}$ bis 5 mm. Auch diese Bälle werden auf Ballmaschinen erzeugt und in Formen, die nach dem Äquator geteilt sind, vulkanisiert. Der Hals wird durchbohrt und die meist gläserne Montage nach Abb. 633 oder 634 eingesetzt.

Die Nasen- und Ohrenspritzen, von denen einige Ausführungsformen in Abb. 635 bis 637 gezeigt sind, haben einen allmählich zu einer Spitze auslaufenden Hals, durch den ein Kanal verläuft. Bei den Ohrenspritzen ist der Hals sehr lang und schlank und hat einen Kanal von

weniger als 2 mm Durchmesser. Dieser kann nicht gebohrt werden, sondern wird durch Einlegen eines Drahtes beim Schließen der Ballmaschine gebildet. Der Draht wird nach dem Vulkanisieren wieder herausgezogen. Die Nasenspritzen haben einen kürzeren Hals mit einem Loch von etwa 3 mm Durchmesser, das gebohrt wird.



Abb. 635. Nasenspritze, schlanke Form, mit langer Spitze



Abb. 636. Nasenspritze, Kugelform, mit kulpi-ger Spitze



Abb. 637. Ohrenspritze

Die Eierbälle, Flachbälle und andere Parfümzerstäuberbälle können mit Ballmaschinen in bekannter Weise hergestellt werden, vorteilhaft zweiteilig. Abb. 638 zeigt einige Ausführungsbeispiele für diese Hohlkörper, die in einem Loch ein Saugventil und bei der zweiten Öffnung ein Druckventil erhalten.



Abb. 638. Eierbälle, Flachbälle und Parfümzerstäuberbälle

Gebläse sind starkwandige, stramme Hohlkörper nach Abb. 639 und 640 mit einem oder zwei Halsansätzen. Der Rohkörper wird auch für diesen Artikel am zweckmäßigsten auf einer zweiteiligen Ballmaschine gepreßt und in jeden Halsansatz ein massiver Gummipropfen eingesetzt. Nach der Vulkanisation werden die Halsansätze durchbohrt und einerseits ein Saug-, andererseits ein Druckventil eingesetzt. Neuerdings werden Gebläse auch ohne Treibmittel mit festem Kern in Formen vulkanisiert, wobei einseitig ein etwas weiterer Hals vorgesehen werden muß, um den Kern herausziehen zu können. In diesen weiteren Hals wird dann ein Gummipropfen eingesetzt, dessen Bohrung dem Durchmesser des Ventils entspricht.

Enemas sind Spülpumpen, bestehend aus einem Gebläse, das beiderseits in Schlauchfortsätze ausläuft (siehe Abb. 641). Der Mittelteil wird wie das Gebläse hergestellt, im Rohzustande beiderseits angebohrt und je ein gespritzter Schlauch eingeklebt. Bei diesen Klebestellen werden zweckmäßig in die Schlauchenden kleine Metallrohrstücke eingesetzt,

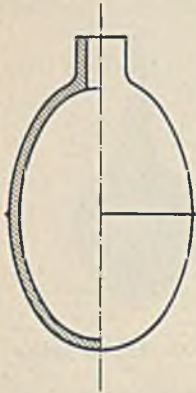


Abb. 639. Gebläse
mit einem Hals-
ansatz



Abb. 640.
Gebläse mit zwei
Halsansätzen u.
Schlauch



Abb. 641. Enemas

damit die Verbindung zwischen Schlauch und Gebläse einwandfrei hergestellt werden kann. Diese Rohrstücke verbleiben während der Vulkanisation im Schlauch. Die Vulkanisierform ist nach dem Äquator des Gebläses geteilt und umfaßt auch die Schläuche, deren Enden verpfropft werden. Durch die Wirkung des im Innern des Rohkörpers befindlichen Treibmittels werden Mittelteil und Schläuche an die Formwangen angepreßt. Nach der Vulkanisation werden die Schlauchenden geöffnet, die kurzen Rohrstücke ausgestoßen und nach dem Putzen der Außenseite die Ventile eingebaut. Das Saugventil kommt an das Ende des einen, das Druckventil etwa in die Mitte des anderen Schlauches.

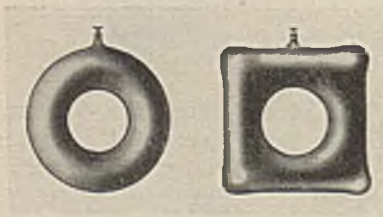


Abb. 642. Sitzkissen

Sitzkissen sind aufblasbare Hohlkörper mit runder innerer und runder oder viereckiger äußerer Begrenzung (siehe Abb. 642). Die Sitzkissen werden aus Gummipplatten zusammengesetzt, die Nahtstellen meist mit Verstärkungstreifen überdeckt und an einer Stelle des äußeren Randes ein kurzer Schlauch zum Aufblasen des Kissens angebracht. Je

nach der Vulkanisation unterscheidet man frei geheizte und in Form geheizte, sogenannte nahtlose Kissen. Bei den nahtlosen Kissen wird vor dem Schließen des Rohkörpers ein Treibmittel eingefüllt, das nur den Zweck hat, das Sitzkissen in der Form gut anzupressen, und nach dem

Vulkanisieren wieder entfernt wird. Das geheizte Kissen erhält an dem Schlauchansatz ein Ventil zum Aufblasen und Entlüften.

Seit einigen Jahren vulkanisiert man die Sitzkissen auch mit Formkern. Die Innennaht bleibt bis nach der Vulkanisation offen, das Sitzkissen wird dann über den scheibenförmigen Kern abgezogen und schließlich die offen gebliebene Naht mit schnell vulkanisierender Lösung geschlossen.

Die Eisbeutel aus Gummiplatte werden meist rund in Form mit oder ohne Treibmittel vulkanisiert, wie bei den Sitzkissen beschrieben. Da der Hals, der zum Einfüllen der Eisstücke dient, entsprechend weit sein muß (siehe Abb. 643), kann man den Kern ohne weiteres durch diese



Abb. 643. Runder
Eisbeutel aus
Gummi



Abb. 644. Eisbeutel
aus gummiertem
Stoff



Abb. 645. Wärme-
flasche mit engem
Hals

Öffnung herausziehen. Bedingung ist, daß die Gummiqualität entsprechend hohe Dehnbarkeit besitzt, damit der durch das Einreißen des Halses entstehende Ausschub vermieden wird. Der Verschuß wird im Halsstutzen mit Draht fest eingebunden und die Drahtwicklung mit einem Gummiring oder Stoffstreifen verdeckt.

Die Eisbeutel aus gummiertem Stoff werden in Falten gelegt, um den Verschuß eingebunden, wie Abb. 644 zeigt.

Wärmeflaschen älterer Ausführung wurden mit Treibmittel in Formen vulkanisiert. Diese Ausführung nach Abb. 645 hatte einen ziemlich engen Hals, der gerade nur für den Schraubverschluß Platz bot.

Die neuere Herstellungsweise arbeitet, wie bei den Sitzkissen erwähnt, mit einem Formkern.

Bei den Wärmeflaschen, die einen weiten Hals haben (Abb. 646), wird der Formkern an dieser Stelle herausgezogen. Dabei bedient man sich einer Spannvorrichtung, um den Hals entsprechend zu dehnen. Der Unter- teil des Metallverschlusses wird in eigenen Formen in einen halbarten ovalen Gummipropfen einvulkanisiert. Der Pfropfen mit dem Verschluß- unterteil wird nun in den Hals der Wärmeflasche eingesetzt und ent- weder mechanisch durch Einbinden mit Draht oder durch schnell vul- kanisierende Lösung befestigt. Da das Einvulkanisieren bzw. Einbinden des den Verschlußunterteil tragenden Gummipropfens vielfach zu Un- dichtigkeiten Anlaß gegeben hat, ist man dazu übergegangen, die Flasche

und den erwähnten Gummipropfen so wie früher bei den mit Treibmittel vulkanisierten, in einem Stück gleichzeitig zusammenzuvulkanisieren. Der Formkern muß dabei von der Seite ins Innere der Wärme flasche hineinragen, so daß in dieser ein seitlicher Schlitz entsteht. Man schließt diesen Schlitz nachträglich in einer Hilfsvulkanisierform unter Verwendung einer rasch vulkanisierenden Mischung.

Erwähnt sei noch, daß der Oberteil des Schraubverschlusses entweder aus Metall oder aus Hartgummi hergestellt wird. Die Dichtung erfolgt durch einen Weichgummiring.

Die **Tennisringe** sind Hohlringe, die mit Luft oder Gas gefüllt sind und als Wurfspielzeug dienen. Man kann den Rohkörper aus einem Stück gespritzten Gummischlauches zusammensetzen und nach Einfüllen eines Treibmittels in zweiteiligen geschlossenen Formen so wie Spielbälle vulkanisieren.



Abb. 646. Wärme-
flasche mit weitem
Hals



Abb. 647. Reise-
Irrigator

Da die Tennisringe ziemlich starkwandig sind, kann bei geeignetem Treibmittel auf die Anordnung eines Ventilpropfens verzichtet werden.

Reise-Irrigateure sind oben offene Taschen, z. B. entsprechend Abbildung 647, an die unten ein Schlauch mit Mundstück angeschlossen werden kann. Sie können aus einzelnen Platten zusammengesetzt, frei oder auch in Formen vulkanisiert werden. Die Formheizung kann mit massiven Kernen oder auch mit Treibmittel erfolgen. In diesem Fall muß die obere Öffnung des Gummihohlkörpers durch einen Kernansatz, der von der Form hineinragt, geschlossen werden.

Die in diesem Kapitel erwähnten chirurgischen Hohlkörper werden in verschiedenen Farben in den Handel gebracht. Die Verwendung von organischen Farbstoffen gestattet, lebhaftere Farben in der Mischung selbst zu erzeugen, während man früher gezwungen war, zum Emaillieren mit Gummilösung und nachfolgender Kaltvulkanisation zu greifen. Das Emaillieren hat den Nachteil der höheren Kosten, ergibt aber Waren mit samtartigem, glattem Griff.

TENNISBÄLLE

VON SLAZENGERS LTD., LONDON¹

Die Entstehung des Balles

Zur Zeit, als das Tennisspiel aufkam, wurde ein gewöhnlicher, nicht umhüllter hohler Kautschukball angewandt. Es zeigte sich aber bald, daß seine Rückprallelastizität zu groß ist, wodurch die Kontrolle über den Ball im Spiel sehr erschwert wurde.

Frau J o h n H e a t h c o t e, die Gattin eines der bekanntesten Tennisspieler der damaligen Zeit, soll die erste gewesen sein, die den Gedanken hatte, daß man das Spiel durch Überziehen der Bälle mit Tuch verbessern könnte. Sie nähte zwei hantelförmige Flanellstücke, die den heute üblichen schon an sich sehr ähnlich waren, über dem Ball zusammen. Obwohl es nicht an Versuchen gefehlt hat, von der Hantelform abzuweichen, war das Äußerste, was erzielt wurde, Abweichungen im Ausmaß der Einschnürungen der hantelförmigen Stücke. Der Tuchüberzug löste das Problem der Ballkontrolle. Seither — ungefähr zu Ende der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts — wird der Tennisball als Hohlkautschukball hergestellt, der mit zwei Stücken Wolltuch überzogen ist.

Aber auch nach Beseitigung der Kontrollschwierigkeiten, hatten die Spieler viel unter der Ungleichmäßigkeit der Bälle zu leiden, so daß Größe und Gewicht des Balles bald den Gesetzen des Spieles entsprechend spezifiziert wurden. Aber bis vor ganz kurzer Zeit konnte jedes Land, ja sogar jeder Fabrikant Bälle beliebiger Härte und beliebigen Rückpralles herstellen.

Standardisierung des Balles und seiner Prüfung

Im März 1925 hat die International Lawn-Tennis-Federation die Vorschriften (Punkt 3), die sich auf den Ball selbst beziehen, derart ergänzt, daß zum ersten Male Härte und erforderlicher Rückprall genau festgelegt wurden. Einige Jahre später erfolgte eine weitere den Rückprall betreffende Abänderung, so daß die Vorschrift heute folgenden Wortlaut hat:

»Der Durchmesser des Balles darf nicht weniger als $2\frac{1}{2}$ und nicht mehr als $2\frac{5}{8}$ Zoll betragen; der Ball darf nicht weniger als 2 und nicht mehr als $2\frac{1}{16}$ Unzen wiegen. Der Ball soll einen Rückprall von zumindest 53 und äußerst 58 Zoll aufweisen, wenn er aus einer Höhe von 100 Zoll bei einer Temperatur von annähernd 68° F auf Beton aufprallt. Seine Verformung darf nicht unter 0,290 und nicht über 0,315 Zoll betragen, wenn er einem Druck von 18 lbs. bei 68° F an den Enden eines beliebigen Durchmessers ausgesetzt wird.«

Das internationale Komitee hat über diese erweiterte Vorschrift hinaus noch vorgeschlagen, daß folgende Instruktionen bezüglich der Durch-

¹ Übersetzt von E. A. Hauser

führung der Verformungsversuche ausgegeben werden, was für den Fabrikanten von ganz besonderer Wichtigkeit ist.

1. Bei allen Versuchen betreffs Verformung entsprechend § 3 ist die Maschine von Stevens, E. P. Nr. 230 250 (Abb. 648) mit allen Verbesserungen und Zusätzen anzuwenden.
2. Der Versuch ist bei einer Temperatur von annähernd 68° F anzustellen und der zu prüfende Ball soll bei Versuchsbeginn durchaus die gleiche Temperatur aufweisen.
3. Kurz bevor ein Ball geprüft wird, soll er viermal aus einer Höhe von 100 Zoll auf einen Zementboden fallengelassen werden.

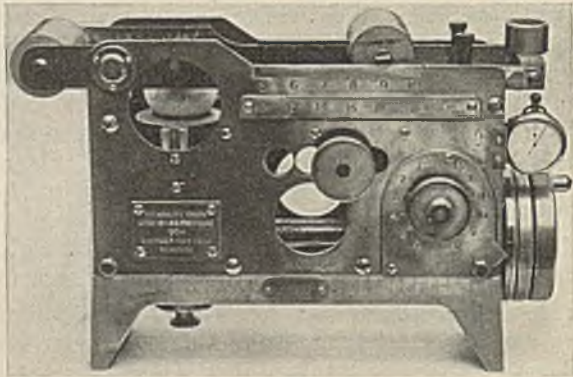


Abb. 648. Stevens-Maschine

4. Um die Deformation eines Balles festzustellen, sollen drei Messungen vorgenommen werden, und zwar an drei im rechten Winkel zueinander liegenden Durchmesser. Hierbei ist zu beachten, daß keine der Platten der Maschine mit der Nahtstelle des Überzuges in Berührung stehen soll. Der Durchschnitt der Messungen soll die Deformation angeben.
5. Nachdem der Ball in seine Lage verbracht ist, wird das Kontaktgewicht angelegt, der Arm und der Zeiger auf 0 eingestellt. Dann werden die Probegewichte auf dem Hebelarm befestigt. Es soll hierbei der Druck dergestalt auf den Ball zur Einwirkung gebracht werden, daß das Handrad mit gleichmäßiger Geschwindigkeit so gedreht wird, daß in einer Zeitspanne von 5 Sekunden der Arm von seiner Ausgangsstellung mit der Zeigermarke in Übereinstimmung gebracht wird. In diesem Zustand wird die Ablesung vorgenommen.
6. Die spezifizierten Grenzen sind festgelegt für einen unter Atmosphärendruck vorgesehenen Versuch, d. h. bei einem Barometerstand von ungefähr 29,95 Zoll.

Aus den Angaben aus Nr. 5 ist ersichtlich, daß das Kontaktgewicht ein zusätzliches ist und in der Versuchsbelastung nicht direkt enthalten ist. Dies hat den Effekt, daß der Ball eine geringe Ausgangsdeformation, die nicht registriert wird, aufweist, bevor das tatsächliche Prüfungsgewicht von 18 lbs. aufgelegt wird (Abb. 648).

W. und T. Avery in Birmingham haben auch eine Maschine konstruiert, die für Deformationsversuche bestimmt ist, und infolge ihrer rascheren Bedienungsmöglichkeit sich für den Fabrikbetrieb besser als die Stevensche Maschine eignen dürfte (Abb. 649). Der Fabrikant moderner Tennisbälle steht somit der Aufgabe gegenüber, mit seinen Fabrikaten die von der Internationalen Lawn-Tennis-Federation aufgestellten Bedingungen genau zu erfüllen.

Dies wird heute noch auf verschiedene Weise erreicht. So werden beispielsweise einige Bälle noch von Hand aus hergestellt, andere ganz oder teilweise maschinell. Der Innendruck des Balles wird nach zumindest drei verschiedenen Methoden erzielt.

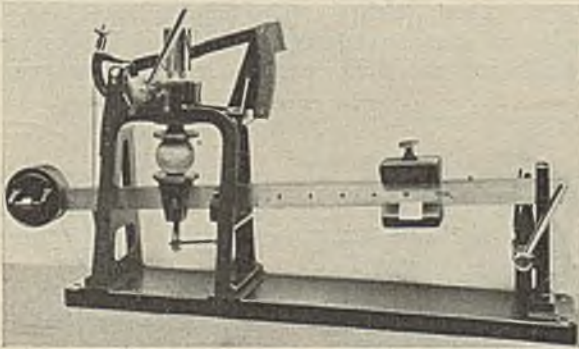


Abb. 649. Prüfmaschine von W. und T. Avery

Herstellungsverfahren (von Hand)

Das Ausgangsmaterial für die Herstellung von Tennisbällen ist im allgemeinen eine Kalandierplatte, die in zwei oder mehreren Lagen üblicherweise am Kalandier hergestellt wird, und die eine solche Enddicke aufweist — diese ändert sich naturgemäß mit der Dichte der angewandten Mischung —, daß der fertige Ball das vorgeschriebene Gewicht aufweist. Die Kalandierplatte wird in Stücke oder »Sektionen« mit Hilfe einer Stanze geschnitten, wobei die Kanten gleichzeitig abgeschärft werden. Die Form der Sektionen, die den meisten Anklang gefunden hat, ist hantelförmig, öfters auch als »achterförmig« bezeichnet. Die ausgeschnittenen Stücke werden auf Bleche gelegt und die geschärften Kanten ein- oder zweimal mit Lösung bestrichen. Die Lösung wird zweckmäßig aus derselben Kautschukmischung oder zumindest aus einer sehr ähnlichen hergestellt, wie sie für den Ball selbst zur Anwendung gelangt. Auf jedes zweite hantelförmige Stück wird ein unvulkanisierter Kautschukpfropfen oder -knopf angebracht, der entweder aus einer massiven in der Schlauchmaschine gezogenen Schnur geschnitten wird oder der aus einer Anzahl Lagen einer Kalandierplatte aufgebaut ist und mittels Schneidmesser würfelförmig ausgeschnitten wird. Hierfür haben sich Pfropfen von $\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser und $\frac{5}{16}$ Zoll Höhe oder Würfel von $\frac{3}{8}$ Zoll² und $\frac{5}{16}$ Zoll Höhe gut bewährt. Die Pfropfen werden mit

Kautschuklösung eingestrichen, um gute Adhäsion zu gewährleisten und die Loslösung während des Spieles zu verhindern.

Eine geeignete Pfropfenmischung besteht aus:

Plantagenkautschuk . . .	95%
Schwefel	5%

Auf der gegenüberliegenden Seite des Stückes, auf dem der Pfropfen befestigt wurde, wird ein ganz dünnes Stückchen gefärbten Kautschuks von ungefähr $\frac{1}{8}$ Zoll² befestigt, lediglich zu dem Zwecke, um nach der Vulkanisation von außen ohne Schwierigkeit die Lage des Pfropfens feststellen zu können. Sobald die Lösung an den Kanten der Sektionen oder der geformten Stücke hinreichend getrocknet ist, wird der Ball wie folgt zusammengesetzt. Eine Sektion mit Pfropfen und eine solche ohne Pfropfen werden so zusammengelegt, daß das Ende des zweiten Formstückes — Schärfung auf Schärfung — in die Verengung des ersten

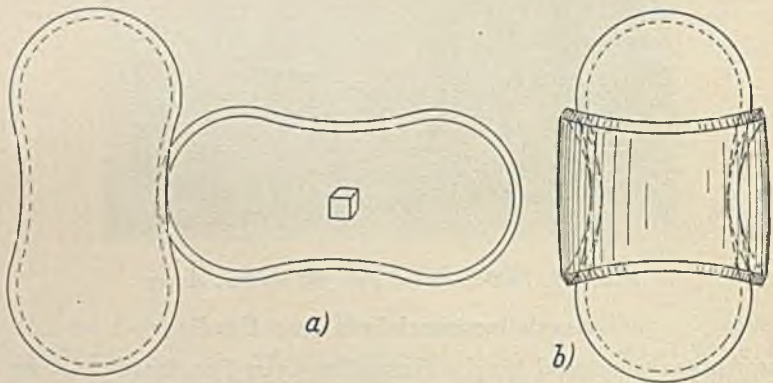


Abb. 650. Verbindung zweier Sektionen

Formstückes eingeklebt wird, wie aus Abb. 650a ersichtlich. Das zweite Stück wird dann gebogen und auch an seinem anderen Ende mit dem ersten Stück verbunden (Abb. 650). Hierauf werden die verbleibenden



Abb. 651.
Verklebter Ball

Nähte verklebt, so daß lediglich noch $\frac{3}{4}$ Zoll offenbleiben (Abb. 651). In die so verbliebene Öffnung wird eine kleine entsprechend geformte Handrolle eingeführt und die Nähte auch von innen gründlich festgerollt. In diesem Stadium werden die Bälle genau untersucht, und solche, bei denen die Verbindungsnähte nicht einwandfrei sind, ausgeschieden. Der Ball ist nun für die Beschickung mit Wasser oder Ammoniumverbindung fertig, die den Zweck hat, den Ball während der Vulkanisation in der Form aufgebläht zu erhalten. Nach Einfüllung

von Wasser oder einer Ammoniumverbindung wird die noch verbliebene Öffnung säuberlich geschlossen und der Ball ist für den Vulkanisationsvorgang fertig.

Bei der Herstellung von Hand ist die Vornahme des endgültigen Abschlusses des Balles die kritische Handhabung. Bis zu diesem Punkte kann man mit geübtem Arbeiterpersonal eine gute und saubere Ver-

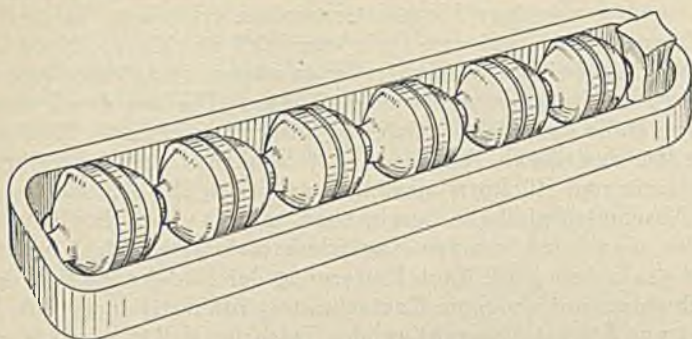


Abb. 652. Vorrichtung für Dampf vulkanisation

klebung garantieren, der letzte Teil des Verschlusses läßt sich aber nur von außen festrollen. Hierbei wird zumeist die innere Seite der Klebstelle unsauber und mitunter ist die Klebung an dieser Stelle ausgesprochen schwach.

Tennisbälle, die nach der obigen Methode hergestellt sind, werden im allgemeinen wie folgt vulkanisiert:

1. Ungefähr 6 einzelne Formen werden in Rahmen aneinander gesetzt und in großer Anzahl in einem gewöhnlichen Dampfautoklaven vulkanisiert (Abb. 652).
2. In hydraulischen Pressen, die bis zu 60 oder 70 entsprechende Höhlungen aufweisen (Abb. 653).

Bei dem Vulkanisationsprozeß — gleichgültig welche Vulkanisationsmethode man anwendet — soll die Temperatur nur langsam gesteigert werden, damit der Ball sich mit gleichmäßiger Wandstärke in der Form aufbläht. Nach beendeter Vulkanisation müssen die Bälle oder die Preßplatten vor der Öffnung gründlich gekühlt werden. Bei

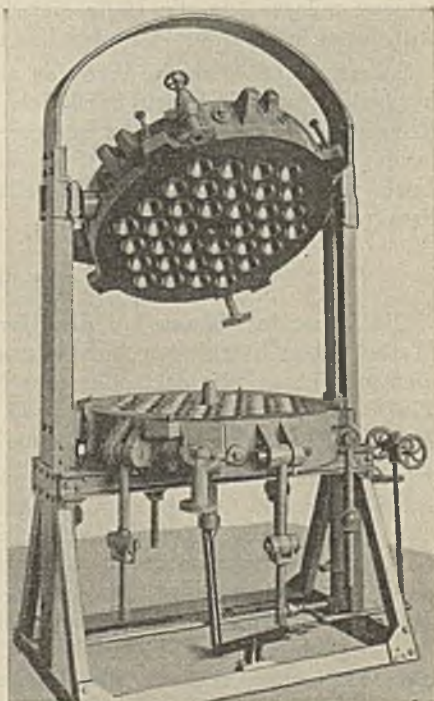


Abb. 653. Plattenpresse für die Vulkanisation von Tennisbällen

der Heizung in Formen geschieht dies durch Besprühen derselben mit kaltem Wasser, bei Plattenpressen durch Wasserkühlung der Heizplatten. Wenn die Bälle nach erfolgter Vulkanisation aufgeblasen werden sollen, genügt eine ganz geringe Menge Ammoniumverbindung, es genügt aber auch Wasser allein. In diesem Falle empfiehlt es sich, die Form oder die Presse ungefähr bei Körpertemperatur zu öffnen, so daß die Bälle leichter aus den Formen entnommen werden können. Die aus den Formen entnommenen Bälle sind klein, weich und weisen nur geringen Rückprall auf. Sie werden nun durch Aufblasen mit Stickstoff auf die erforderliche Größe, Härte und Rückprallelastizität gebracht. Die Aufblähung erfolgt, wie im Abschnitt Spielbälle beschrieben, mittels einer Kanülennadel, die durch den, dank des farbigen Kautschukstückchens, leicht auffindbaren Pfropfen gestochen wird. Nach Entfernung der Nadel wird zur Sicherheit das Loch sofort mit weichem Kautschukteig (Ballkitt) ausgefüllt. Die Anwendung von Stickstoff beruht auf der Tatsache, daß dieses Gas schwerer durch Kautschuk diffundiert als Luft. Die Bälle werden auf eine Größe aufgeblasen, die etwas geringer ist als die, die sie vor der Bedeckung aufweisen müssen, da die Bälle sich in den ersten 12 Stunden nach dem Aufblasen infolge des Innendruckes noch etwas vergrößern.

Seinerzeit hat man die Pfropfen aus reinem schwefelfreiem Kautschuk hergestellt, und hat sich bezüglich des Verschlusses auf die natürliche Klebrigkeit des Kautschuks verlassen. Diese Maßnahme hat sich jedoch in der Praxis nicht bewährt, so daß man nunmehr, wie erwähnt, das Loch mit Kautschukteig abschließt, wodurch ein Undichtwerden des Pfropfens verhindert wird.

Maschinell hergestellte Mehrfachnahtbälle

Die heute in Europa bei der Herstellung von Tennisbällen üblichste Methode beruht auf der Anwendung von sogenannten Petal- oder Segmentmaschinen, die drei oder vier Nähte gleichzeitig pressen. Im Jahre 1897 hat C o x mit dem E. P. 13 235 eine solche Maschine patentiert. Im Jahre 1922 hat L a w t o n mit dem E. P. 183 983 eine Verbesserung der Cox-Maschine unter Schutz gestellt. C o x beschreibt seine Maschine wie folgt:

Ein hohler Metallball ist in vier oder eine beliebige Anzahl zweckentsprechender Segmente aufgeteilt. Jedes dieser Segmente ist mit einem Ende an einem beweglichen Stempel befestigt, der durch ein in der Grundplatte der Maschine angebrachtes Loch beweglich ist. Der Stempel wird durch eine Hebelvorrichtung oder dergleichen bedient. Durch eine Auf- und Abwärtsbewegung des Stempels öffnen und schließen sich die Segmente gleichzeitig. Die Kanten der Segmente sind innen abgeschärft, so daß sie (außen) scharfe Kanten ergeben, die in geschlossenem Zustand fest aufeinanderpassen, wodurch überschüssiger Kautschuk, der bei der Bildung des Balles nicht erforderlich ist, entfernt wird. Durch die Bewegung wird das Kautschukfell gefaltet, in Form geschnitten und die Kanten automatisch miteinander verbunden (Abb. 654).

Die ursprüngliche Konstruktion der Cox-Maschine hatte den Nachteil, daß der Ball oft an der Stelle wo die vier Segmente aneinandertreffen, eine schwache Stelle aufwies. Die Lawton-Maschine hat den Zweck, diesen Übelstand zu beseitigen. Früher haben öfters die Fabrikanten bei Anwendung der Cox-Maschine einen plastischen Pfropfen so angebracht, daß er am Berührungspunkte der vier Segmente zerschnitten wurde, so daß an dieser Stelle zusätzliche Substanz zur Anwendung gebracht werden konnte. Lawton hat diesen Übelstand dadurch beseitigt, daß er zwei der Segmente kleiner wie üblich gestaltete, so daß ihre Spitzen im

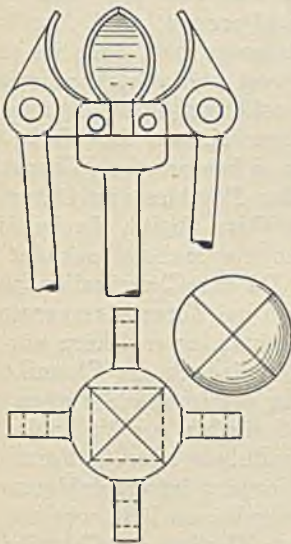


Abb. 654. Cox-Maschine

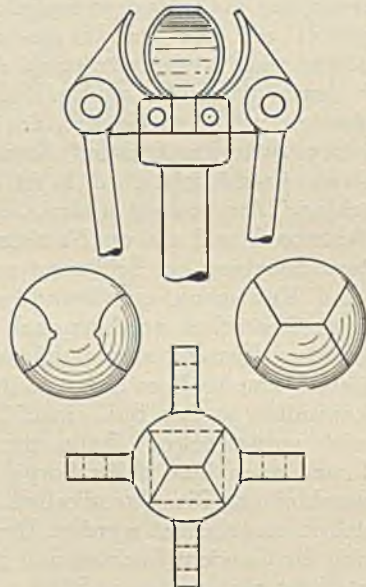


Abb. 655. Lawton-Maschine

geschlossenen Zustand nicht zusammentrafen. Dafür hat er die zwei anderen Segmente länger als üblich gemacht, ihre Spitzen beseitigt, so daß zwei flache Berührungsstellen in einer Ebene mit den Spitzen der kürzeren Segmente bei völligem Verschluß der Maschine zu liegen kamen. Hierdurch wird eine zentrale Verbindung mit verhältnismäßig langer Oberfläche geschaffen, ohne daß ein besonderer Pfropfen Anwendung finden muß (Abb. 655).

Tennisbälle, die mit den Segmentmaschinen hergestellt werden, werden ebenfalls wie bei den von Hand hergestellten bereits besprochen, aus Kalanderplatte gemacht. In vorliegendem Fall ist aber besondere Sorgfalt auf die richtige Konsistenz der Mischung zu legen, um feste Nähte zu erzielen. Der Rohkautschuk muß gut mastiziert und die Mischung genauest kontrolliert sein, denn zur Erzielung starker Nähte durch Abpressen überschüssigen Kautschuks durch die geschärften Metallplatten muß der Kautschuk plastisch und dennoch stark genug

sein, um eine gleichmäßige Blähung während der Vulkanisation zu gestatten. Werden Bälle mit Pfropfen hergestellt, so sind die Vulkanisation und alle weiteren Handhabungen die gleichen wie bei den mit der Hand hergestellten, bereits besprochenen wurden.

Pfropfenlose Bälle

Bei der Herstellung von Bällen ohne Pfropfen ist der Gang der Fabrikation an sich der gleiche, doch erübrigt sich die Einführung des Pfropfens sowie das Aufblasen mittels Kanüle. Das genaue Maß an Härte, Rückprall und Größe wird hier durch entsprechende Gasentwicklung während der Vulkanisation erzielt. Auch hier wendet man als Blähmittel Stickstoff an, der im Innern des Balles beispielsweise aus einer Mischung von Natriumnitrat und Ammonchlorid erzeugt wird. Man kann auch Ammoniumsulfat an Stelle des Chlorids anwenden, doch ist es im allgemeinen nicht so einfach, dasselbe preiswert und vor allem rein zu beziehen. Natriumnitrit und Ammonchlorid sollen in ihren chemischen Äquivalentverhältnissen, d. h. 69 Teile Natriumnitrit auf 53,5 Teile Ammonchlorid, Anwendung finden. Jedenfalls ist es besser, einen Überschuß an Ammonchlorid als an Natriumnitrit in der Mischung zu haben, da letztere Substanz bei Erhitzung sonst nitrose Gase abgibt, die bekanntlich auf Kautschuk zerstörend wirken. Dementsprechend schadet ein geringer Überschuß an Ammonchlorid nicht. Da die Chemikalien, wenn in feuchtem Zustand zusammengemischt, schon bei Zimmertemperaturen reagieren, empfiehlt es sich, sie getrennt voneinander erst kurz vor der Vulkanisation in den Ball einzuführen. Werden jedoch die Chemikalien für sich vorgetrocknet, kann man sie bereits gemischt einbringen, nur muß man auch hier dafür Sorge tragen, daß sie bis zur Vulkanisation trockenbleiben. Die Chemikalien können als Pulver oder in Form von Plättchen eingebracht werden. Der letztere Vorgang ist empfehlenswert, da sich ihr Gewicht leichter und genauer kontrollieren läßt, was bei der Herstellung pfropfenfreier Bälle wesentlich ist. Werden die Chemikalien einzeln eingeführt, empfiehlt es sich, die eine Substanz zu färben, um zu vermeiden, daß irrtümlich zweimal dieselbe Substanz eingebracht wird. Zur Auslösung der chemischen Reaktion ist Wasser erforderlich; die Pulver oder Plättchen sollen daher im Ball angefeuchtet werden, was man mit Wasser oder Gelatinelösung erzielen kann. Es ist Vorsorge dafür zu treffen, daß der im Ball nach der Vulkanisation verbleibende Rückstand sich in einem solchen Zustand befindet, daß er während des Spieles kein rasselndes Geräusch verursacht. Tennisbälle, die ohne Pfropfen hergestellt werden, müssen vor Öffnung der Formen nach der Vulkanisation völlig abgekühlt werden.

Die Höhlung der Formen oder Pressen sind etwas kleiner zu halten als die endgültige Größe des Balles vorschreibt, da der Ball, wie bereits erwähnt, noch kurze Zeit nach der Vulkanisation an Dimension zunimmt. Es besteht keine besondere Schwierigkeit, pfropfenlose Bälle herzustellen, die den Bestimmungen der »International Lawn-Tennis-Federation« entsprechen. Man muß lediglich darauf achten, daß die Mischungen dauernd einheitlich bleiben, so daß die Vulkanisation keine Schwierig-

keiten bereitet, ebenso wie die Auswaage der angewandten Blähmittel mit größter Sorgfalt vorgenommen werden muß.

Für den pfropfenfreien Ball werden bestimmte Vorteile gegenüber dem Ball mit Pfropfen geltend gemacht, wie z. B. geringere Gefahr des Abblasens und völlig gleichmäßige Balance. Aber auch ein Ball mit Pfropfen sollte bei sachgemäßem Verschluß kein Abblasen zeigen. Es ist von Interesse, hier festzustellen, daß unbezeichnete Bälle mit und ohne

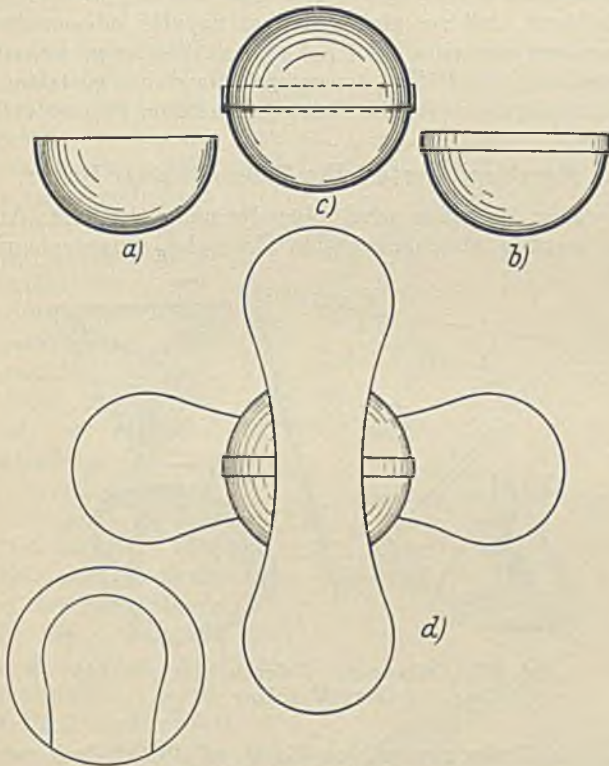


Abb. 656. Dunlop-Verfahren

Pfropfen von einem führenden Spieler benutzt worden waren, der die Behauptung aufgestellt hatte, daß der Pfropfen die Balance beeinflusst. Er mußte jedoch zugeben, daß er im Spiel keinen Unterschied feststellen konnte. Es muß auch darauf hingewiesen werden, daß beispielsweise im Tennisturnier 1932 des All England Club in Wimbledon tausende von mit Pfropfen versehene Slazengerbälle ins Spiel kamen, ohne daß eine Beanstandung bekanntgeworden ist.

Tennisbälle, die nach dem englischen Dunlop patent 234 927 hergestellt werden, sind von eigenartigem Aufbau. Zuerst wird eine innere Hülle aus bester Kautschukqualität in Form zweier Halbbälle hergestellt. In diese Halbbälle wird die für die Blähung während der Vulkanisation erforderliche Chemikalienmischung eingebracht. Die Halbbälle werden

dann so miteinander verbunden, daß die Kante des einen die des anderen ein klein wenig überlappt. Über den nun hergestellten dünnen Ball werden zwei aus Kalandersplatte gestanzte hantelförmige Stücke mit gut abschließenden Kanten gelegt. Das Endergebnis (Abb. 656) ist ein von Hand hergestellter Ball über einen dünnwandigen Innenball.

Eine andere Maschine, die bei der Herstellung von Tennisbällen vielseitige Anwendung findet, ist die von Gray im E. P. 229 004 beschriebene. Die Maschine unterscheidet sich von der Cox- und Lawton-Maschine dadurch, daß sie nicht gleichzeitig vier oder mehrere Nähte schneidet, sondern nur eine Naht auf einmal. Sie ist so konstruiert, daß sie die Herstellung von Bällen genauesten Gewichts gestattet, ohne daß man sehr scharfe Grenzen für die Kalandersplatte im voraus festlegen muß.

Maschinell hergestellte Bälle mit einer Naht

Die Gray'sche Maschine wird folgendermaßen bedient: Aus der Kalandersplatte werden gleichschenklige Dreiecke entsprechender Größe

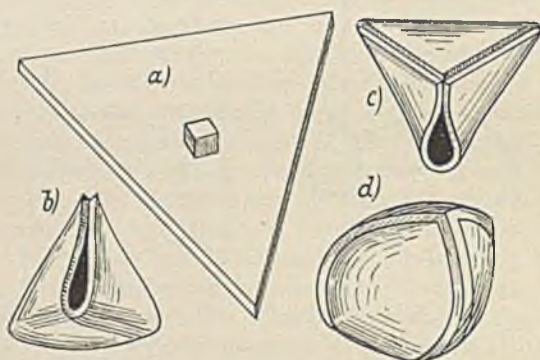


Abb. 657. Faltung der Kalandersplatte für die Gray-Maschine

geschnitten. Das Dreieck wird von Hand gefaltet, indem man die drei Ecken aneinanderbringt und so eine Pyramide herstellt, von der man zwei Kanten durch schwachen Druck zusammenpreßt, wohingegen man die dritte Kante offen läßt (Abb. 657 a, b und c). Die Seiten der Pyramide die zusammengepreßt worden waren, werden nun zwischen die Stanzwerkzeuge der Maschine eingeschoben und die ersten zwei Nähte werden hergestellt, indem man eine Kante nach der anderen durch Zusammenführung der Stanzen und gleichzeitiges Abschneiden des überschüssigen Kautschuks schließt. Gleichzeitig pressen die geschärften Stanzwerkzeuge die Kanten aneinander und erzeugen eine praktisch unsichtbare Naht. Vor Herstellung der dritten Naht wird das Blähmittel eingeführt, entweder zum Zwecke, um den Ball nur in der Vulkanisation an die Form zu pressen oder um ihn gleich, je nach Herstellung von mit Pfropfen versehenen oder pfropfenfreien Bällen, die endgültige Blähung zu erteilen. Nach Füllung wird auch die dritte Kante wie oben beschrieben

behandelt, und die nun geschlossene Pyramide ist für die Formung fertig (Abbildung 657d). Wie aus der Zeichnung (Abbildung 658 ersichtlich, befindet sich hinter dem unteren Stanzwerkzeug eine Führung. Der Arbeiter bringt die Kanten der Pyramide an diese Führung heran, die die Lagen der Kanten zu den Stanzwerkzeugen bestimmt. Die Führung ist verstellbar und gestattet daher eine Einstellung entsprechend dem Gewicht der Dreiecke, wodurch mehr oder weniger Kautschuk von der Pyramide entfernt werden kann. Auf diese Weise ist es möglich, einen Ball mit in engsten Grenzen vorausbestimmbarem Gewicht herzustellen. Ein weiteres Merkmal der Maschine ist die Breite der Schärfung der zwei Stanzwerkzeuge, an der Stelle, wo die Nähte an der Spitze der Pyramide hergestellt werden. An dieser Stelle sind die Schärfungen breiter geschnitten, so daß hier überschüssiges Material vorliegt, wodurch schwache Stellen im fertigen Ball vermieden werden. Es gibt auch eine Abweichung der Dreiecksmethode (siehe E. P. 364 679). An Stelle eines dreieckigen Stückes wird aus der Kalandersplatte ein rechteckiges Stück geschnitten und aus diesem ein Rohr geformt, indem man die kurzen Kanten aufeinanderpreßt. Diese Kanten werden mit Schärfung geschnitten und

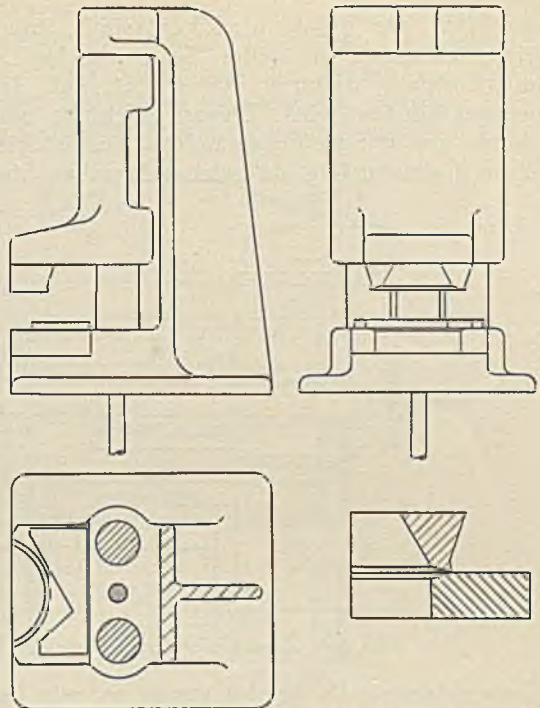


Abb. 658. Gray-Maschine

abgebildet. Die Abbildung zeigt die verschiedenen Stadien der Faltung einer Kalandersplatte für die Röhrenmethode. a) zeigt eine rechteckige Kalandersplatte. b) zeigt die Platte, die an einer Kante geschärft wurde. c) zeigt die Platte, die an beiden gegenüberliegenden Kanten geschärft wurde. d) zeigt die Platte, die an allen vier Kanten geschärft wurde. e) zeigt die Platte, die an allen vier Kanten geschärft wurde und in eine röhrenförmige Form geformt wurde. f) zeigt die fertige röhrenförmige Form.

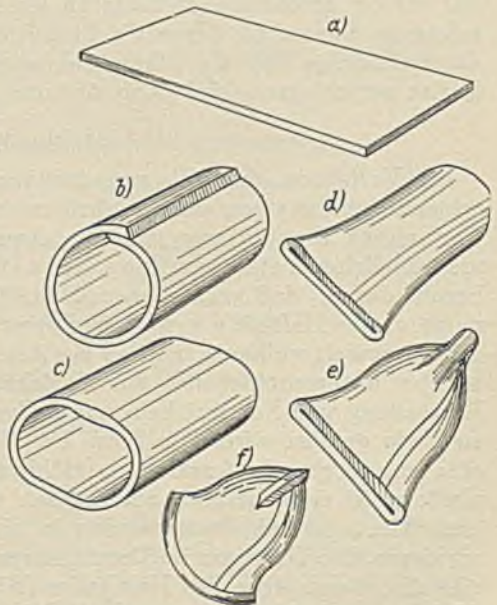


Abb. 659. Faltung der Kalandersplatte für die „Röhrenmethode“

die Naht der Röhre wird hergestellt, indem man die Kanten mittels eines Hammers auf einer Seele verklopft. Die Röhre wird dann für die Formung dadurch vorbereitet, daß der überschüssige Kautschuk weggeschnitten wird. Dieses geschieht mit Stanzwerkzeugen ähnlich denen von Gray angewandten, nur ist hier die Breite der Schärfung überall gleichmäßig, da keine schwachen Stellen zu befürchten sind. Die

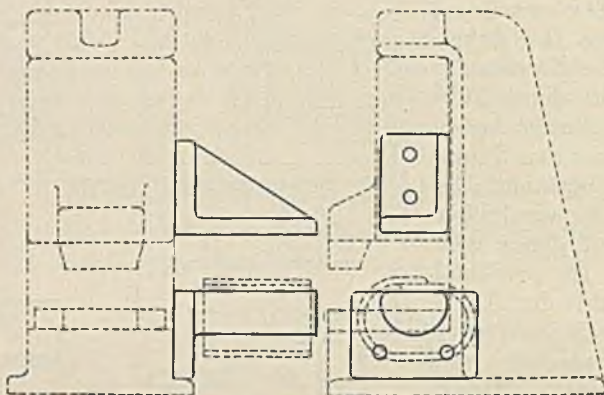


Abb. 660. Zusatz zur Gray-Maschine für Röhrenmethode

Gewichtskontrolle erfolgt genau so, wie bei der Dreiecksmethode. Die Röhre wird erst an dem einen Ende vom Arbeiter geschlossen, das Rohr mit seinem geschlossenen Ende an die Führung gebracht und der überschüssige Kautschuk durch die Stanzwerkzeuge entfernt. Hierauf erhält der halbfertige Ball die Blähmittel, worauf das zweite Ende in gleicher Weise verschlossen wird (Abb. 659 und 660).

Halbball

Ein Verfahren, das sich von den vorhergehenden weitgehend unterscheidet, und das von einem Fabrikanten in England und vielfach in den Vereinigten Staaten von Amerika Anwendung findet, beruht auf dem ursprünglichen Patent von Rosenfeld und Roberts. Das Verfahren beruht darauf, daß vorerst zwei Halbbälle hergestellt werden; die Formung dieser Halbbälle erfolgt in Formen oder Pressen, und sie werden gerade soweit vulkanisiert, daß sie ihre Form beibehalten. Mit anderen Worten unterscheidet sich das Verfahren bis hierher von der üblichen Herstellung von Formartikeln nur dadurch, daß die Vulkanisation nicht zu Ende geführt wird. Die Form besteht aus einer Grundplatte, in der eine entsprechende Anzahl von Höhlungen vorgesehen ist. Die Gegenplatte weist eine entsprechende Anzahl von Stempeln auf. Kleine Stückchen Kautschukmischung werden in die Form gebracht und diese geschlossen. Die Differenz im Durchmesser der Form und des Stempels ergibt die Wandstärke des Halbballes (Abb. 661). Um einheitliche Wandstärken zu gewährleisten, muß die Mischung unter Druck leicht fließen. Einige Fabrikanten stellen rechtwinklige Kanten (c), andere bereits ge-

schärfte Kanten (a) her, wohingegen eine dritte Gruppe die Kante mit Schwalbenschwanznute (b) versieht, um so beim Verschuß eine größere Nahtoberfläche zu erzielen (Abb. 662). Sobald man den Austrieb und die Häute von den anvulkanisierten Halbbällen entfernt hat, werden die Kanten oder »Lippen« mit einer vulkanisierbaren Lösung bestrichen, um

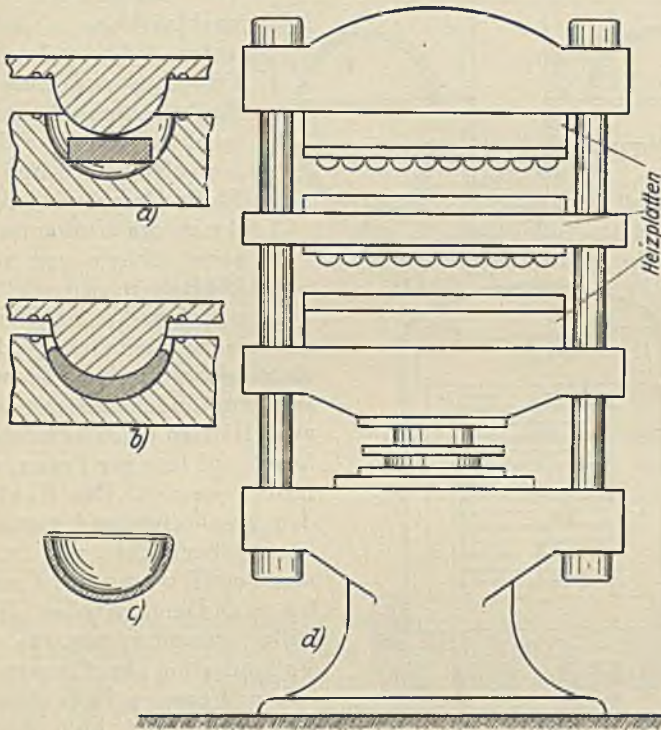


Abb. 661. Presse zur Herstellung von Halbbällen

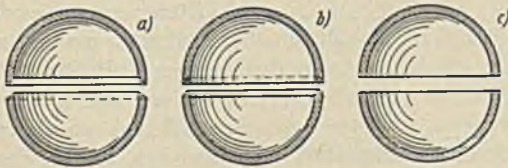
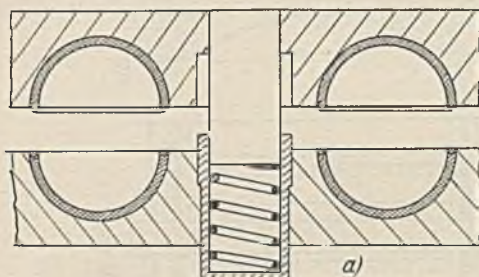


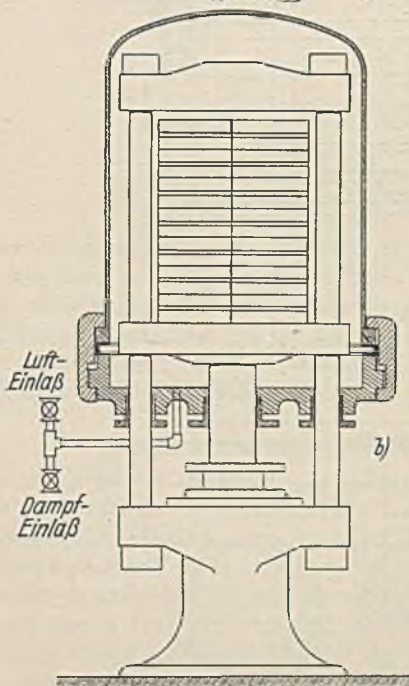
Abb. 662. Kantengestaltung

beim Zusammensetzen eine gute Verbindung zu erzielen. Wenn die Lösung an den Kanten hinreichend getrocknet ist, werden die Halbbälle in die Höhlung einer zweiteiligen Form in eine Presse verbracht. Die Presse befindet sich in einem Raum, in den Luft und Dampf unter Druck eingebracht werden können. Solange die Platten der Pressen noch offen sind, wird Luft in die Kammer eingelassen, bis der Druck dem entspricht,

den der Ball nach der Vulkanisation aufweisen muß. Hierauf wird die Luftzufuhr abgestellt, die Platten der Pressen geschlossen, wobei die mit Lösung bestrichenen Kanten der Halbbälle aufeinandergedrückt werden. Gleichzeitig wird natürlich auch die in der Kammer befindliche Druckluft in den Ball eingeschlossen. Hierdurch



erübrigt sich die Einführung von Blähmitteln oder die nachträgliche Aufblähung unter Anwendung eines Pfropfens und einer Kanüle. Nach Abschluß der Presse wird die Luft aus der Kammer abgeblasen und an ihrer Stelle Dampf eingeführt, wodurch die Vulkanisation wie sonst üblich vor sich geht (Abb. 663).



Eine andere Art der Herstellung, wie sie vornehmlich in den Vereinigten Staaten von Amerika Anwendung findet, besteht darin, daß zwei Hälften eines Tennisballes geformt und in einer Presse anvulkanisiert werden. Die Kanten werden geschliffen und genau so mit Lösung bestrichen wie im Verfahren von Rosenfeld und Roberts. Dann werden die Halbbälle zusammengesetzt und die Vulkanisation in Pressen in üblicher Weise zu Ende geführt. Die Blähung erfolgt hier durch Einführung eines Blähmittels kurz vor der Zusammensetzung der Ballhälften vor der endgültigen Vulkanisation. Spalding führt gemäß seinem E. P. 215 736 einen Arbeitsgang an, der gegenüber den anderen Verfahren als zusätzlich zu bezeichnen ist. Die innere Oberfläche des Balles wird mit einer Gelatineschicht überzogen, die bezwecken

Abb. 663. Heizpressen für Halbbälle

soll, daß die Diffusion des Gases durch die Wand verlangsamt wird, wodurch die Dauer, für die der Ball seine Rückprallelastizität beibehält, verlängert wird. Dies wird so ausgeführt, daß die beiden Hälften nach außen gewendet werden und dann in eine rasch trocknende Gelatinelösung eingetaucht werden.

Bei der Überprüfung von 16 verschiedenen Tennisballmarken konnten die folgenden Fabrikationsverfahren festgestellt werden:

Nr.	Art der Herstellung	Art des Aufblasens
1	Gray-Maschine	Mittels Nadel durch Pfropfen
2	do.	Mittels chemischer Mischung
3	Petal-Maschine	do.
4	do.	do.
5	Halbbälle mit zwei achterförmigen Segmenten auf richtige Dicke bedeckt	do.
6	Petal-Maschine	do.
7	do.	Mittels Nadel durch Pfropfen
8	do.	do.
9	Aus anvulkanisierten Halbbällen	Mittels Einschließen von Gas in der Presse während der endgültigen Vulkanisation
10	Von Hand hergestellte achterförmige Sektionen	Mittels chemischer Mischung
11	do.	do.
12	Erst anvulkanisierte Halbbälle u. Fertigstellung in der Presse	do.
13	do.	Mittels Einschließen von Gas in der Presse während der endgültigen Vulkanisation
14	do.	do.
15	do.	do.
16	do.	do.

Von den 16 untersuchten Bällen waren die ersten 11 britischer Provenienz, während die letzten 5 in den Vereinigten Staaten von Amerika hergestellt waren. Mit Ausnahme eines dieser Bälle entsprachen alle den Bedingungen der »International Lawn-Tennis-Federation«.

Allgemeine Bemerkungen zur Herstellung

Der Zusammensetzung der Mischung, aus der die Tennisbälle hergestellt werden, kommt zweifellos die größte Bedeutung zu. Es ist aber nicht schwierig, eine Mischung aufzubauen, die einen Ball vorgeschriebener Härte, Gewichtes, Größe und Rückpralles ergibt. Die Schwierigkeit liegt vielmehr in der Herstellung eines Balles, der diese Qualitäten über eine lange Zeit unverändert beibehält. Es ist bekannt, daß ein Tennisball mit der Zeit seine Größe, Härte und seinen Rückprall einbüßt. Eine ungeheuere Menge wissenschaftlicher Arbeit ist auf die Überwindung dieses Nachteiles gewandt worden, und wie man wohl erwarten durfte, mit dem Erfolg, daß der heutige Ball bemerkenswerte Verbesserungen aufweist. Die Schwierigkeit beruht vor allem darin, daß das für die Blähung angewandte Gas unter einem höheren Druck steht als die Atmosphäre, so daß im Laufe der Zeit Diffusion durch die Ballwände vor sich geht. Die Blähung soll nicht übertrieben werden, doch soll der Ball so groß wie möglich geformt werden und man

soll sich so weit wie möglich der Eigenschaften der Kautschukmischung bedienen, um die erforderliche Qualität zu erzielen. Es ist schon erwähnt worden, daß man bei den vorbereitenden Handhabungen keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen anwenden muß, insbesondere, wenn es sich um die von Hand hergestellten Bälle handelt. Wenn man sich aber der Petal- oder Segmentmaschine bedient, muß auf besonders gute Mastikation geachtet werden. Zäher Kautschuk wird immer nur schwache und nicht zufriedenstellende Verbindungen ergeben. Die Füllstoffe sollen vor Gebrauch durch ein feines Sieb getrieben werden, bevor sie mit dem Kautschuk vermischt werden; der Mischvorgang soll mit engst gestellten Walzen beendet werden, um etwa entstandene Füllstoffagglomerate noch aufzuteilen.

Im folgenden werden einige für die Herstellung von Tennisbällen typische Mischungen aufgeführt.

Plantagen-Smoked-sheet oder Crepe	50,0
Diphenylguanidin	0,4
Schwefel	3,5
China Clay	35,6
Zinkoxyd	5,0
Magnesiumoxyd	4,0
Petroleum	1,0
Kalkschiefer	0,5

Diese Mischung ist bei entsprechender Vorbereitung des Kautschuks sowohl für von Hand als auch für mit Maschine oder nach der Halbballmethode herzustellenden Bälle geeignet. Es ist selbstverständlich, daß man bei dem Mischvorgang ein »Anbrennen« vermeiden muß.

Plantagenkautschuk oder Crepe	44,6
Schwefel	3,0
Diphenylguanidin	0,4
Zinkoxyd	19,5
Gasruß	28,0
Petroleum	4,0
Kalkschiefer	0,5

Diese zweite Mischung entspricht dem Typus, den einige Fabrikanten bei der Herstellung nach dem Halbballprinzip verwenden. Die Mischung würde sich für die Herstellung nach der Grayschen oder Segmentmethode nicht eignen, da der Gasruß eine zu trockene, für die Erzielung guter Verbindungen nicht zweckentsprechende Mischung ergibt. Bei der Verarbeitung nach dem Halbballprinzip hat dieses nichts zu bedeuten, da die Aufbringung der Lösung an den Kanten der anvulkanisierten Halbbälle der Verbindung hinreichende Stärke verleiht.

Überzug

Nachdem der hohle Kautschukball hergestellt ist, kommt als abschließende Handhabung das Überziehen mit Wolltuch (Molton Cloth). Wie bereits eingangs ausgeführt, wird das Tuch heute in achterförmige Segmente geschnitten, genau so wie seinerzeit der erste Ball überzogen

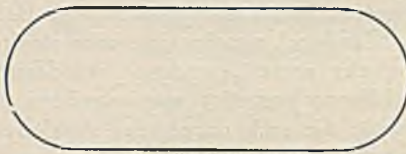
wurde. Bis vor wenigen Jahren wurden die Verbindungen der Tuchstücke an überzogenen Bällen durch Vernähung mit Baumwollfäden hergestellt. Hierdurch wurden die Kanten zusammengehalten. Der angewandte Baumwollfaden mußte besonders fein sein, um ein gutes Aussehen zu ermöglichen. Im Spiel, das ja in letzter Zeit rascher und härter wurde, zeigte sich oft, daß die Baumwollnähte aufplatzten. In der Absicht, diesen Übelstand zu beseitigen, ging man erstmalig von den achtförmigen Segmenten ab. Eine Methode, die erprobt wurde und die im E. P. 203 468 niedergelegt ist, besteht darin, das Tuch so zu schneiden, daß es ineinandergreift. Das A. P. 1 423 837 schlug vor, zwei Hälften aus Preßfilz herzustellen und diese Halbkugel auf den Kautschukball zu kleben, so daß nur eine Verbindungsnaht um den Umfang verbleibt. Der große Fortschritt konnte aber erst erzielt werden, als die Kanten des Tuches einwandfrei durch Bestreichen mit einer vulkanisierbaren Lösung verbunden werden konnten, wenn der überzogene Ball einer Heizperiode unterworfen wurde. Hierdurch wurde eine sehr starke Verbindung des vulkanisierten Kautschuks erzielt, wodurch wiederum nicht nur die Notwendigkeit des Vernähens beseitigt war, sondern es fielen auch die kleinen Erhöhungen weg, die sich durch das Anziehen des Fadens beim Nähen an den Verbindungsstellen ergeben hatten.

Seit 1928 hat die »Lawn-Tennis-Association« in Turnierspielen nurmehr Bälle mit geklebten Nähten zugelassen, was zur Folge hatte, daß die genähten Verbindungen so gut wie ausgestorben sind.

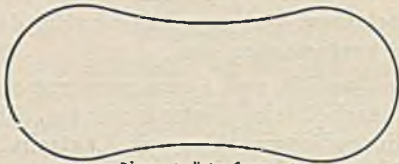
Das Baumwolltuch muß von feinsten Qualität und Farbe sein und soll ungefähr 20,5 ozs. pro Yard² im unbearbeiteten Zustand wiegen. Üblicherweise wird das Tuch auf einer Spreadingmaschine mit Kautschuklösung bestrichen. Entsprechend der üblichen Streicherfahrung wird das Tuch erst getrocknet, wobei es ungefähr 9% an Gewicht verliert. Der Kautschuk wird dann durch mehrmaliges Streichen auf der Maschine aufgetragen. Als Auftrag haben sich etwa 3 ozs. Kautschuk/Yard² als sehr geeignet erwiesen. Die Streichmischung soll entweder aus Paraober oder aus feinstem Plantagenkautschuk hergestellt sein, und zwar ungefähr im Verhältnis von einem Teil Kautschuk zu drei Teilen Lösungsmittel für den ersten Strich, damit eine gute Verankerung des Kautschuks im Baumwolltuch erzielt wird. Für die weiteren Striche kann man das Verhältnis Kautschuk zu Lösungsmittel auf 1 : 2½ reduzieren. Einige Fabrikanten setzen Schwefel und Beschleuniger der Lösung zu, so daß bei der Vulkanisation des für die Verbindung angewandten Kautschuks auch der auf das Tuch gestrichene Kautschuk vulkanisiert. Dies ist an sich nicht erforderlich, da es bekannt ist, daß man auch mit unvulkanisiertem Kautschuk eine Verbindung zwischen Tuch oder Ball erhält, die ohne Zerstörung des Tuches oder der Balloberfläche nicht mehr lösbar ist. In neuerer Zeit wird an Stelle der Anwendung von Kautschuklösung konzentrierter Latex zum Bestreichen des Baumwolltuches angewandt. Nach dem Streichen ist das Tuch fertig, um die achterförmigen Segmente daraus zu stanzen. Die für diesen Zweck angewandten Pressen ähneln denen, die in der Schuhindustrie schon seit langem Anwendung finden. Es gibt völlig automatisch arbeitende Maschinen, aber

auch solche, bei denen der Vorschub von Hand und die Auslösung des Stanzkopfes mittels eines Pedals erfolgt. Das gestrichene Tuch wird in mehreren Lagen auf einmal der Presse zugeführt, in der Regel vier Lagen übereinander. Das Stanzen erfolgt über die ganze Breite des Tuches, wobei die Stanzung mit möglichst geringem Abfall vorgesehen sein soll. Einige Fabrikanten stanzen die Segmente im rechten Winkel, andere in einem Winkel von 45° zur Tuchbreite. Segmente, die im rechten Winkel geschnitten werden, ergeben einen geringeren Abfall, wohingegen die im Winkel von 45° gestanzten angeblich der Verformung leichter widerstehen, wenn der Ball mit dem Schläger oder mit dem Boden in Berührung kommt.

Es wurden 15 verschiedene Bälle untersucht und hierbei gefunden, daß 5 davon Segmente aufweisen, die in einem Winkel von 45° , 10 davon,



Geradkantiges Segment



Eingeschnürtes Segment

Abb. 664. Gebräuchliche Segmentformen

die in einem rechten Winkel gestanzt waren. Die Form der Segmente ist verschieden. Einige Fabrikanten ziehen Segmente mit ausgesprochener Einschnürung vor, andere wieder überziehen ihre Bälle mit gradkantigen Segmenten. Gradkantige und im rechten Winkel zur Breite des Tuches gestanzte Segmente ergeben naturgemäß den geringsten Abfall (Abbildung 664). Die Kanten der gestanzten Segmente werden nun mit einer vulkanisierbaren Lösung bestrichen und die Stanzlänge in Bündeln aufgestapelt. Zwei Metallplatten in der Form der Segmente werden als Unterlage und Auflage der Bündel benutzt. Dann werden diese Segmente in eine Federklammer gespannt, deren Platten frei beweglich sind. Das Segmentpaket wird durch die Klammern hinreichend fest gehalten, so daß der Arbeiter das Einstreichen der Kanten mit einem für gute Einbringung ausreichenden Druck vornehmen kann. Die Lösung wird an den Kanten des Tuches mit harter Bürste eingerieben (ein Vorgang, der mehrfach wiederholt wird), jedoch läßt man zwischen den einzelnen Strichen die aufgetragene Schicht jeweils antrocknen. Die Kautschuklösung muß Schwefel und einen Ultrabeschleuniger enthalten, da die Vulkanisation zwecks Erhaltung der Farbe des Baumwolltuches sehr rasch vor sich gehen muß (Abb. 665).

Um den Ball nun für den Überzug vorzubereiten, wird seine Oberfläche in einer sechseckigen Trommel, deren Wände mit einem Schleifmittel (Schmirgelpapier) ausgeschlagen sind, aufgeraut. Man kann aber auch eine aus zwei Scheiben bestehende Vorrichtung verwenden, in die Höhlungen eingelassen sind, die die Bälle aufnehmen, und die ebenfalls mit einem Schleifmittel ausgeschlagen sind. Die Scheiben rotieren in entgegengesetzter Richtung. Der Zweck dieser Aufrauung der Oberfläche

besteht vornehmlich in der Entfernung irgendwelcher bei der Formgebung angewandter Schmiermittel, und ferner dient dieser Vorgang zur Erzielung einer Oberfläche, die dem Filzüberzug eine gute Verankerung gestattet. Staub, der sich durch diesen Vorgang auf dem Ball an-

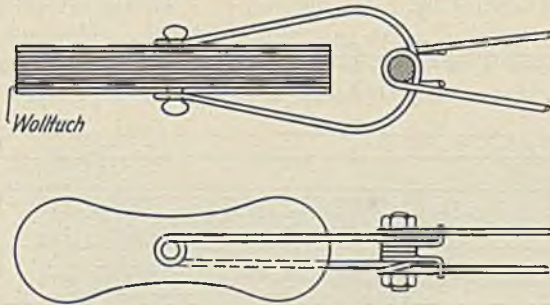


Abb. 665. Segmenthalter

gesammelt hat, wird entweder durch Waschen der Bälle in einem Petroleumbad oder durch Abbürsten entfernt (Abb. 666a und b). Der aufgerauhte Ball wird nun zwei- bis dreimal mit Lösung bestrichen, wobei selbstverständlich eine kurze Trocknungszeit jeweils vorgesehen ist. Einige Fabriken verwenden auch hier mehrfach reine Para- oder feine Plantagenkautschuklösung, wohingegen andere Lösungen mit Schwefel

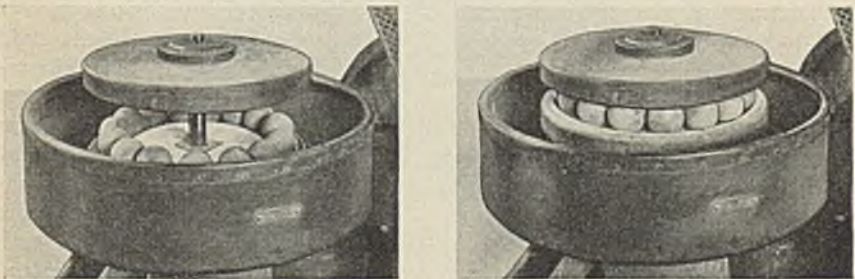


Abb. 666. Vorrichtung zum Aufrauhren der Balloberfläche
a) offen
b) geschlossen

und Beschleuniger verwenden, ähnlich denen, die zum Streichen des Tuches Anwendung finden. Ein mehrmaliges Streichen mit dünner Lösung führt zu besseren Ergebnissen, als ein einmaliges Streichen mit dicker Lösung. Eine Lösung im Verhältnis von einem Teil Kautschuk zu 6 Teilen Lösungsmittel hat sich sehr bewährt. Wenn man eine reine Kautschuklösung anwendet, bringt man üblicherweise hiervon etwas in die Handflächen und rollt den Ball zwischen diesen. Bei Anwendung von Beschleuniger empfiehlt sich diese Operation aus hygienischen Gründen nicht. In diesem Fall kann man sich der Tauchung bedienen.

Das hantelförmige Segment des Baumwolltuches mit seiner Kautschukauflage und seinen mit Lösung bestrichenen Kanten wird auf verschiedene Art und Weise um den Ball gelegt. Gemäß dem A. P. 1 526 936

werden 8 V-förmige Schnitte in jedes Segment gemacht, die als Paßmarken für eine gleichmäßige Verteilung des Überzuges dienen. Der Überzug wird von Hand aus aufgelegt, wobei darauf zu achten ist, daß die V-Schnitte jedes Segmentes mit denen des anderen übereinstimmen.

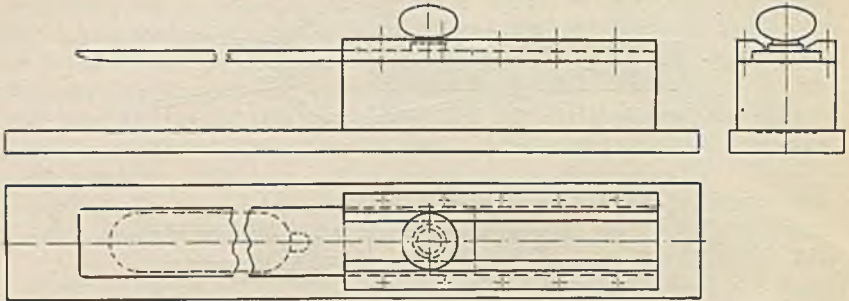


Abb. 667. Vorrichtung zum Aufbringen des ersten Segmentes

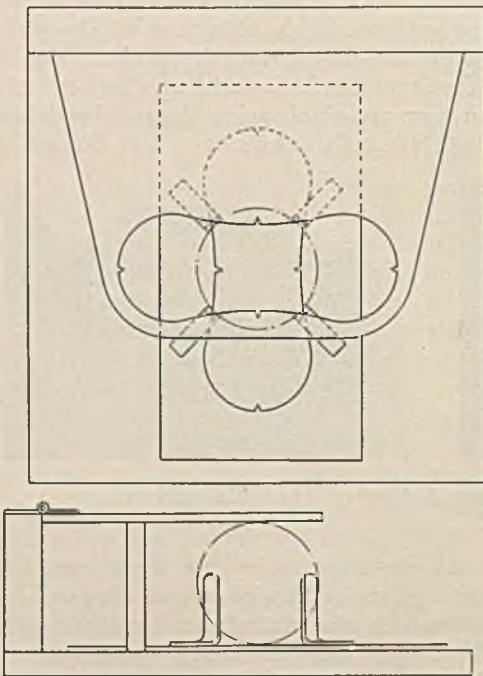


Abb. 688. Vorrichtung zum gleichzeitigen Aufbringen beider Segmente

Bei Anwendung dieser Methode können die Überzüge entweder genau abgepaßt oder etwas größer als der Ball sein. Es wird behauptet, daß für letztere Art Vorteile zu verzeichnen sind, da der große Überzug leicht und gleichmäßig aufgebracht werden kann und während der Formung und Klebung unter Druck steht. Der Überzug soll sich auch im Spiel leichter strecken, wodurch die Nähte weniger stark beansprucht werden. Eine andere Möglichkeit, die hantelförmigen Segmente auf den Ball aufzubringen, besteht in der Anwendung einer kleinen Vorrichtung, die auf Lage des ersten Segmentes genau fixiert. Das Segment wird mit der Kautschuklage nach oben in eine am Boden eines Schlittens befindliche Höhlung

gebracht. Hierauf wird der Ball in eine kleine Aushöhlung direkt vor dem Segment gelegt, der Schlitten wird über den Ball geführt, wobei der gelinde Druck den Ball in Drehung versetzt. Der Ball, der nunmehr genau über die Mitte des Segmentes läuft, nimmt dieses auf. Nachdem so das erste Segment in genaue Lage verbracht ist, wird das

zweite von Hand aufgelegt. Vor der endgültigen Formung werden die Kanten des Tuches mit einem speziellen Handwerkszeug angedrückt, um eine sichere Verbindung zu gewährleisten (Abb. 667).

Im A. P. 1 446 885 wird eine Vorrichtung beschrieben, die die Aufbringung beider Segmente in richtiger Lage gestattet. In eine in der Grundplatte befindliche Höhlung wird das erste Segment eingelegt. Der Ball wird durch vier Stäbe zentriert. In der oberen Platte befindet sich im rechten Winkel zu der unteren Höhlung eine ebensolche, die das

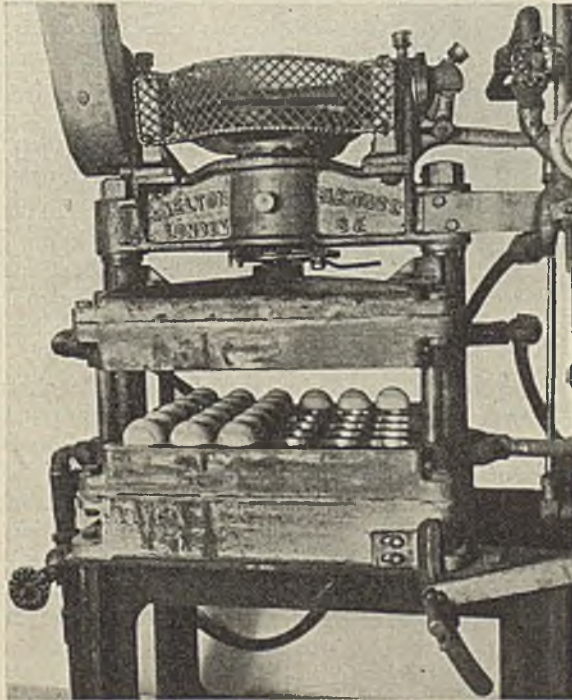


Abb. 669. Heizpresse für überzogene Bälle

zweite Segment aufnimmt. Wenn beide Segmente in ihre Lage gebracht sind und die obere Platte aufgelegt wird, liegen beide Segmente bereits in der richtigen Lage zum Ball, so daß ihre Aufbringung ohne Schwierigkeiten erfolgen kann (Abb. 668).

Für die Vulkanisation des Kautschuks, der die Kanten des Tuches verkleben soll, bedient man sich ähnlicher Pressen, wie sie für die Vulkanisation des Hohlkautschukballes Anwendung finden. Wie erwähnt, muß die Vulkanisationszeit sehr kurz sein. 10 Minuten bei einem Dampfdruck in den Platten von 10 lbs. pro Zoll² ist vollkommen ausreichend, um eine ultraschleunigte Kautschukmischung zu vulkanisieren, ohne daß die Gefahr einer Verfärbung des Tuches besteht. Mitunter finden auch kürzere Heizzeiten bei etwas erhöhtem Dampfdruck Anwendung (Ab-

bildung 669). Der Ball ist nun zur Stempelung und Verpackung in feuchtigkeitsfestem Papier und Kartons vorbereitet.

Eine große Anzahl Tennisbälle werden bekanntlich nach Übersee verfrachtet, wobei mit der Dauer des Transportes und einer Lagerung gerechnet werden muß. Diese Bälle werden im allgemeinen nicht in Kartons



Abb. 670. Überseeverpackung

sondern in verlöteten Blechdosen unter Luftdruck. Der Luftdruck entspricht ungefähr den im Innern des Balles vorherrschenden Druck, so daß eine Diffusion des Gases durch die Ballwände verhindert wird, und der Ball nach jeder beliebigen Stelle der Welt in einwandfreiem Zustand versandt werden kann. Sie erreichen ihren Bestimmungsort mit einem Innendruck als ob ganz frisch hergestellt (Abbildung 670).

Abschließend sei bemerkt, daß ein Tennisball ein Gegenstand höchster Präzision ist, der nach wissenschaftlichen Methoden hergestellt wird. Es darf auch nicht übersehen werden, daß der heutige Ball in Gebrauch Bedingungen unterworfen wird, die erheblich härter sind, als die Behandlung, denen der ursprüngliche mit Flanell bedeckte Tennisball Ende der 70er Jahre standhalten mußte. Die Art und Weise, wie der heutige Ball die Behandlung aushält, ist ein Verdienst der Herstellungsmethode in großen Serien, die Anwendung finden muß, um die vielen Millionen Bälle zu erzeugen, die in jeder Spielsaison verbraucht werden.

DIE FABRIKATION VON GOLFBÄLLEN

VON W. J. PERRY
(THE SILVERTOWN COMPANY, LONDON)¹

Da die Geschichte des Golfspieles von den verschiedensten Autoren an anderen Stellen bereits erschöpfend behandelt worden ist, soll im folgenden auf dieses an sich sehr interessante Thema nicht besonders eingegangen werden. Wir wollen uns hier lediglich mit der Entwicklung und Fabrikation des modernen Golfballes mit Kautschukkern befassen. Seit seiner Einführung im Jahre 1898 haben viele Kautschukfachleute Großbritanniens und der Vereinigten Staaten von Amerika diesem Problem viel Zeit und Gedanken gewidmet. Auf dem Gebiete der Apparaturen und Konstruktionsmethoden, der bei der Herstellung angewandten Materialien und dergl. sind im Laufe dieser Jahre viele Erfindungen — geniale und auch andere — gemacht worden. Obwohl die meisten von ihnen bereits wieder vergessen sind, muß man zugeben, daß sie die derzeit angewandte Methodik vorteilhaft beeinflußt haben.

Das zur Diskussion stehende Thema läßt sich am besten in Abschnitte aufteilen, die die einzelnen Fabrikationsstadien betreffen, wobei versucht werden soll, die besonderen Merkmale hervorzukehren, die bei der Herstellung eines erstklassigen Balles jeweils zu beachten sind. Im folgenden ist eine Zusammenfassung dieser Abschnitte gegeben.

1. Zentrum oder Kern, oder manchmal auch als »innerer Kern« bezeichnet.
2. Mit Band umwundenes Zentrum.
3. Der eigentliche Kern, das heißt, das Zentrum, das mit Gummifäden unter Zug umwickelt ist.
4. Prüfungen, die für Punkt 1, 2 und 3 bestimmt sind.
5. Der Überzug, Vorbereitung des Materials und Aufbringen auf den Kern.
6. Formen und Formung.
7. Beschneiden.
8. Lackiermethode (von Hand, durch Spritzen, Tauchen usw.).

1. Der innere Kern

Zu der Zeit als der erste Golfball mit Kautschukkern von C o b u r n H a s k e l l in Ohio USA. im Jahre 1898 hergestellt wurde, schrieb man dem inneren Kern keine besondere Bedeutung zu. Das Patent Nr. 17 554 beschreibt ihn als einen kleinen Kern, der aus jedem Material hergestellt sein kann, das das Aufwickeln erleichtert und das, falls erwünscht, bis zu einem gewissen Grade das Gewicht des Balles regulieren läßt. Dementsprechend erwies sich der erste innere Kern, der aus Hartgummi hergestellt worden war, zwar für das Aufwickeln des Gummifadens mechanisch brauchbar, für alle anderen Zwecke hingegen als völlig ungeeignet. Im Aufwickelverfahren des Gummifadens wurde nämlich das harte Kernstück durch den außerordentlich hohen Druck, den

¹ Übersetzt von E. A. Hauser

der unter Spannung aufgewickelte Faden ausübte, verformt und aus seiner Lage gebracht. Seine innere Festigkeit verhinderte aber einen Rückgang in die ursprüngliche Form und Lage. Dies hatte zur Folge, daß ein hiermit hergestellter Ball ungleich ausfiel. Ferner ergab sich, daß diese Bälle im Spiel sehr rasch ihre Rundung verloren, und die Spieler stellten durch das Schlagen des Balles Beschwerden an ihren Handgelenken fest.

Viele Meisterschaften sind gespielt worden und viele Substanzen sind hierbei zur Erprobung gelangt, bevor man die tatsächliche Funktion des inneren Kernes erkannt hat. Dies war erst der Fall, nachdem man seine Konsistenz von einer ganz harten zu einer weichen abgeändert hatte. Entgegen der Annahme, daß der innere Kern nur dazu dienen braucht, um das Aufwickeln des Gummifadens zu ermöglichen, wurde festgestellt, daß der innere Kern auf die Flugbahn des Balles von erheblichem Einfluß ist und ferner dem Ball die erforderliche Rückprallelastizität verleiht. Außerdem wirkt er als eine Art Stoßdämpfer gegen die mächtigen gegen ihn geführten Schläge.

P. A. Martin und J. Stanley in Birmingham erhielten im Jahre 1906 das Patent E. P. 12 272, das »Schmierseife als Basis für das Kernmaterial angibt, um hierdurch gewissermaßen schmierende und die Verfestigung verhindernde Vorteile zu erzielen, so daß der Ball sozusagen dauernd »lebt« und sich in einem Zustand befindet, der im Spiel dauernde Elastizität sichert«. Im Jahre 1909 schlugen dieselben Erfinder in dem Patent Nr. 20 517 vor, die Seife mit Bleioxyd, Graphit, Kreide, Ton, Zinkoxyd, Schiefermehl, Stärkemehl, Schwerspat usw. zu vermischen, um so einen kleineren inneren Kern von höherem spezifischen Gewicht zu erzielen.

Man kann heute mit Recht behaupten, daß diese Patente die Herstellung des inneren Kernes umwälzten und eine erhebliche Verbesserung im Golfball mit sich brachten. Eine Anzahl von Fabrikanten schenkten dem weichen Kern ihre volle Aufmerksamkeit, so daß innerhalb einiger Jahre fast jeder erstklassige Ball nach diesem Prinzip hergestellt wurde. Die Bedeutung dieses Prinzips läßt sich heute daraus ermessen, daß nahezu alle marktgängigen Golfbälle einen »weichen« inneren Kern aufweisen.

Dieser neue Kern war schwieriger mit dem schmalen Gummifaden zu umwickeln, ja es war tatsächlich unmöglich, die Wicklung direkt in der Maschine vorzunehmen. Der Kern mußte vielmehr erst durch Umwickeln von Hand mit einem Kautschukband von ungefähr 2,5 cm Breite »hart« genug gemacht werden. (Das Verfahren der Bandwicklung wird im zweiten Abschnitt eingehend behandelt.) Um diese Schwierigkeiten zu beseitigen, schlug Christian H. Gray von der Silvertown-Gesellschaft in dem Patent Nr. 3761 vom Februar 1911 vor, den weichen Kern einzufrieren, um dann auf diesen im harten Zustand die gedehnten Gummifäden aufwickeln zu können. Bei Beendigung der Wicklung würde der Kern seine ursprüngliche Weichheit wieder erlangt haben.

Viele weiche Kerne werden hergestellt, indem man Pasten unter hydraulischem Druck in kleine Kautschuksäckchen einpreßt, die nach

Füllung am Hals zusammengebunden werden. Hierbei ist besondere Sorgfalt darauf zu verwenden, daß keine Luft eingeschlossen bleibt, da sonst der Ball einseitig wird. Der Hals des Säckchens ist insoweit zu beanstanden, als er nicht einwandfrei auf den Kern aufgeklebt ist. Eine Verbesserung stellt das E. P. Nr. 178 305 aus dem Jahre 1922 dar das die Formung einer Mischung, bestehend aus fein verteiltem Bleipulver und einer gelatinösen Masse zwecks Herstellung eines Kernes schützt, die nach Verfestigung als Teigscheibchen Anwendung findet. Dieses Scheibchen wird mit zwei hemisphärischen Schalen aus Rohgummi bedeckt und vulkanisiert. Die beim Vulkanisationsvorgang angewandte Hitze sorgt für eine dauernde Verflüssigung der nunmehr in dem Gummibällchen befindlichen Mischung.

Eine andere Möglichkeit ist, vulkanisierte, hohle Kautschukbällchen mit einer halbflüssigen Masse zu füllen. Große Erwartungen wurden in ein Patent gesetzt, das vor einigen Jahren erschien und demzufolge als Kern eine Mischung von Kautschuk, Balataharz und Bleiglätte angewandt wurde. Diese Mischung wurde in Bälle von 1 Zoll Durchmesser geformt und soll nach Angabe der Fabrikanten nach der Vulkanisation eine wabenartige Struktur großer Rückprallelastizität ergeben. Inzwischen sind aber selbst die Erfinder wieder zur Verwendung einer weichen, in einem Kautschuksäckchen eingeschlossenen Paste zurückgekehrt.

Mischungen wie sie für die Herstellung des Kernes zweier sehr bekannter Golfballtypen Anwendung finden, setzen sich aus folgenden Substanzen zusammen:

Leim	16%	Stärke	6%
Wasser	8%	Wasser	23%
Glyzerin	6%	Lithopone	62%
Bleisulfat	56%	Glyzerin	9%
China Clay	14%		

Das Gewicht des Golfballes wird durch den inneren Kern reguliert und die folgenden Zahlen geben einen Überblick über die verschiedenen Balltypen:

England		Amerika	
Royal und ältere Vorschriften.		Vorschriften der United States Golf Association.	
Innerer Kern			
Gewicht	20 g	Gewicht	16 g
Volumen	10 ccm	Volumen	10 ccm
Spezifisches Gewicht	1,95	Spezifisches Gewicht	1,13
Ball			
Nominales Gewicht	1,62 ozs.	Nominales Gewicht	1,62 ozs.
Nominaler Durchmesser	1,62 Zoll	Nominaler Durchmesser	1,68 Zoll
Volumen	36,5 ccm	Volumen	40,5 ccm
Spezifisches Gewicht	1,24	Spezifisches Gewicht	1,13

Gegenüber dem normalen Typ versteht man unter »Floater« einen Ball, der im Wasser schwimmt. Er findet Anwendung in der Nähe von sumpfigem Gelände oder bei »Löchern«, die von Wasserhindernissen benachbart sind. Sein spezifisches Gewicht muß natürlich unter 1 liegen. Einzelheiten seines Gewichtes usw. sind folgende:

Kern	
Gewicht	10,9 g
Volumen	10,0 ccm
Spezifisches Gewicht . .	0,98
Ball	
Gewicht	41,95 g
Durchmesser	1,705 Zoll

Bei der Herstellung von Golfballkernen ist der Auswahl der geeignetsten Substanzen besondere Aufmerksamkeit zu widmen; ferner ist darauf zu achten, daß die Flüssigkeiten oder Massen, die zur Aufnahme der Pigmente oder beschwerenden Zusätze dienen, dieselben dauernd in unveränderter Suspension erhalten. Es muß alles daran gesetzt werden, eine allmähliche Veränderung in der Einheitlichkeit der Mischung zu verhindern, da sonst der Ball einseitig wird, wodurch seine Flugbahn nicht mehr einwandfrei wäre. Der Kern muß genauest ausgewogen werden und muß genaues Volumen und spezifisches Gewicht aufweisen. Diese Daten sollen einzeln festgestellt werden, bevor der Ball für die nächste Handhabung freigegeben wird. Der für das Kernmaterial bestimmte Behälter, gleichgültig ob er in Form eines Sackes oder hohlen Balles vorliegt, muß so hergestellt sein, daß jede Osmose verhindert wird. Würde Osmose vor sich gehen, so ergäbe dies einen Rückgang in der Spannung der nächstliegenden Kautschukbänder oder -fäden.

Der fertige Kern muß an sich schon hohe Rückprallelastizität aufweisen, da photographisch gezeigt werden konnte, daß schon die Kraft eines sehr leicht geführten »Putting«-Schlages eine Verformung hervorruft.

2. Der mit Kautschuk umwundene Kern

Nach Fertigstellung des Kernes wird dieser mit unter Spannung stehendem Kautschukband umwunden. Bis jetzt scheint es noch keine Maschine zu geben, die das Kautschukband oder Gummifäden auf einen im weichen Zustand vorliegenden Kern zufriedenstellend aufwickelt, so daß es bei maschineller Aufwicklung erforderlich ist, den Kern vorher hinreichend zu härten. Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten, nämlich a) durch Einfrieren und b) durch Vorwickeln von Hand.

Im allgemeinen wird die zweite Methode bevorzugt, da sie leicht und rasch durch geübte Arbeiter bei geringen Kosten durchführbar ist. Sie besteht darin, daß ungefähr 22,5 cm eines Kautschukbandes von 2,5 cm Breite und 0,018 cm Dicke seitlich über den Kern gespannt werden. Mit Hilfe dieses kurzen Stückes Band kann der Arbeiter die erforderliche Härte erzielen. In der Bandwickelmaschine wird das von Hand vor-

gewickelte Kernstück zwischen zwei tellerartigen Scheiben so gehalten, daß der Druck gerade ausreicht, um eine Verformung zu verhindern. Durch eine sehr geniale Anordnung von Getrieben wird der Kern nun sehr rasch und exzentrisch rotiert, so daß eine einheitliche Verteilung des Bandes gewährleistet wird (siehe Abb. 671). Die Dimension des Kautschukbandes schwankt bei den einzelnen Fabrikanten. Die drei bedeutendsten Typen sind:

$\frac{5}{16}$	Zoll breit,	0,008	Zoll dick,
$\frac{5}{8}$	" "	0,008	" "
$\frac{7}{8}$	" "	0,007	" "

Während des Aufwickelns wird das Band dauernd auf einer Dehnung von 700 bis 800% gehalten. Man kann verschiedene Vorrichtungen zur

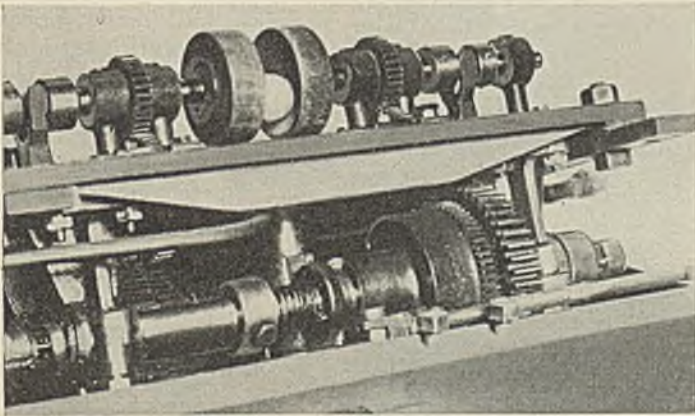


Abb. 671. Bandwickelmaschine

Erhaltung der Spannung anwenden. Wesentlich ist nur, daß die Gleichmäßigkeit der Spannung dauernd erhalten bleibt und daß die Last mit dem Rotationszug der Maschine in Einklang steht, so daß der Ball dauernd seine sphärische Form beibehält. Das angewandte Kautschukband wird aus einer reinen Kautschukmischung mit nur 2% Schwefel hergestellt. Noch heute wird in großem Maßstabe hierfür Parakautschuk angewandt, obwohl auch mit Plantagenkautschuk sehr zufriedenstellende Ergebnisse gezeitigt wurden. Die Vulkanisation des Bandes erfordert besondere Vorsicht, um eine Unter- oder Übervulkanisation auszuschalten. Untervulkanisation ergibt ein zu weiches Produkt, das im Ball eine merklich bleibende Dehnung aufweist, wohingegen Übervulkanisation ein zu hartes, unelastisches Material ergibt. Das Band wird solange aufgewickelt, bis ein Gesamtdurchmesser von 3,0 bis 3,25 cm erreicht ist.

Die Prüfungen, denen der Kern in diesem Stadium unterworfen wird, sind in einem späteren Abschnitt behandelt.

3. Der Kern

Haskell hat in seinem Patent für den ersten Ball mit Kautschukern folgendes beansprucht:

»Ein Kern, der durch Aufwickeln von Gummifäden unter hoher Spannung in sphärischer Form hergestellt wird, besitzt einen bemerkenswert hohen Grad von Elastizität, verbunden mit einem großen Widerstand gegen Verformung, wodurch dem Ball die Eigenschaft hoher Rückprall-elastizität gegeben wird.« Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Kenntnisse des Erfinders in bezug auf die Notwendigkeiten eines guten Balles sehr

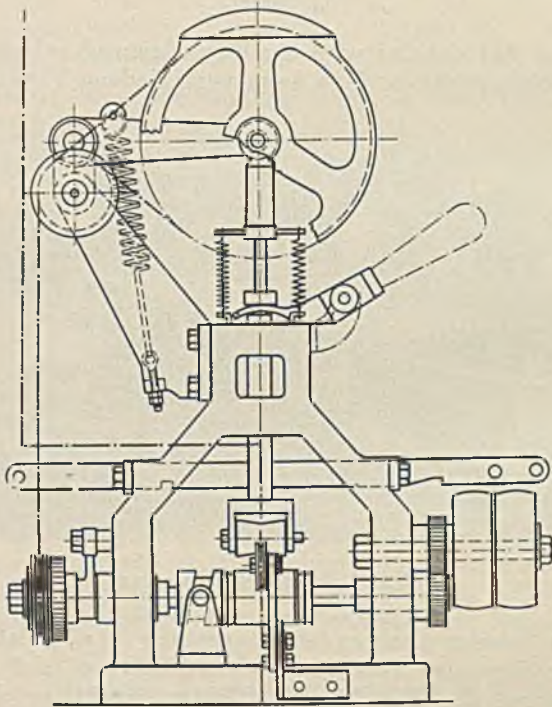


Abb. 672. Schnitt der Bandwickelmaschine der India Rubber Gutta Percha und Telegraph Works, London

grundlegende waren. Im allgemeinen Aussehen gleichen die heutigen Kerne denen des Original-Haskell-Kernes ziemlich, wenn sie auch in bezug auf ihre Konstruktion diesen überlegen sind, und wenn man ferner berücksichtigt, daß die Qualität des Gummifadens seither erhebliche Fortschritte gemacht hat. Moderne Golfballkerne sind durchweg maschinell gewickelt und die führenden Fabrikanten haben Maschinen konstruiert und entwickelt, die fast ausschließlich automatisch arbeiten. Die wichtigsten Typen der Kern-Wickelmaschinen sind:

1. Ringwickelmaschine.
2. Ajax-Type.

Der Ringwickeltypus wurde in seiner ersten Form von den Erfindern des Golfballes mit Kautschuk kern (siehe E. P. Nr. 4165 vom Jahre 1900, Haskell Golf Ball Co.) konstruiert. In dieser Maschine wird der Faden auf einer Spule getragen, die in einem ringförmigen Rahmen um den Kern wandert, der selbst zwischen zwei Paaren paralleler Walzen gehalten wird. Die Walzen rotieren und jedes Paar steht mit dem gegenüberliegenden in Wechselwirkung, so daß sich die Achsen dauernd verändern, während der Faden um den Kern aufgewickelt wird. Eine neuere Maschine dieser Type kann dem E. P. Nr. 180 354 des Jahres 1920 entnommen werden.

In England findet vornehmlich die Ajax-Type Anwendung. Sie besteht aus einem Paar horizontal gelagerter paralleler Walzen, die rotieren und gleichzeitig sich in entgegengesetzter Richtung zueinander hin und her bewegen. Der Kern wird gegen diese Walzen durch eine oder ein paar leerlaufende Rollen gepreßt, die so konstruiert sind, daß sie zu oder von den Walzen weg bewegbar sind, jedoch entweder durch Federung oder Gewicht gegen die Walzen gedrückt werden. Der Faden wird dem Kern zwischen den Walzen und den freilaufenden Rollen zugeführt.

Bis vor ganz kurzer Zeit bestand eine der größten Schwierigkeiten bei der Kernwicklung auf der Ajax-Maschine in dem Auftreten sogenannter Wicklungspolarität. Diese besteht darin, daß die Fäden zu oft hintereinander denselben Weg nehmen, wodurch Kerne von ungleicher Form und Härte entstanden. Einige Fabrikanten haben sich daher Maschinen patentieren lassen, um diese Schwierigkeit zu beheben.

Die India Rubber Gutta Percha and Telegraph Works in London haben sich durch das E. P. Nr. 297 946 vom 11. Juli 1927 eine Maschine patentieren lassen, die aus Abb. 672 und 673 ersichtlich ist. Diese sei im folgenden kurz beschrieben:

Eine Wickelmaschine vom oben beschriebenen Typus besteht aus einer Grundplatte, von der zwei seitliche Rahmenstücke nach oben führen und die ihrerseits wieder durch ein bogenförmiges Rahmenstück verbunden sind. Zwischen diesen beiden Seitenrahmen sind zwei Spindeln parallel zueinander und in der gleichen horizontalen Ebene an-

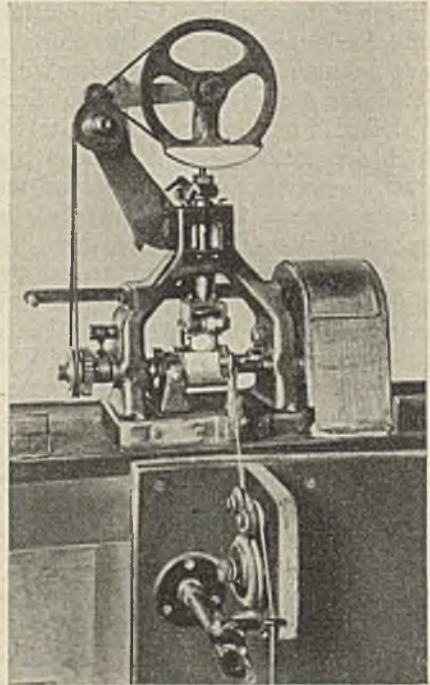


Abb. 673. Ansicht der Bandwickelmaschine

gebracht, die in entsprechenden Lagern frei rotieren können. Jede dieser Spindeln trägt eine zylindrische Rolle, die so auf ihr befestigt ist, daß sie mit der Spindel rotiert, aber gleichzeitig auf der Spindelachse verschoben werden kann. In diese Rollen sind jeweils in ihre äußeren Enden Schneckengänge eingefräst, in die mit der Grundplatte verbundene Führungsstifte passen, so daß bei der Rotation der die Rollen tragenden Spindeln die Rollen rotieren und gleichzeitig aber entsprechend dem Schneckengewinde auf der Spindel sich hin und her bewegen. Die Rollen und Schneckengänge sind so angeordnet, daß die seitliche Bewegung dieser Rollen während der Rotation eine gegenläufige ist. Die Spindeln und Rollen sind in der Maschine so angeordnet, daß die Rollen zwar eng aneinander, aber ohne direkte Berührung miteinander liegen und es ist dafür gesorgt, daß diese Rollen oder Walzen gleichsinnig rotieren. Vertikal durch das vorerwähnte Bogenstück des Rahmens führt oberhalb der rotierenden Walze ein Stab, der so angebracht ist, daß er in dem Bogenstück nach oben und unten beweglich ist. Das untere Ende dieses Stabes trägt eine Gabel, in der zwei bewegliche Rollen angebracht sind. Die Achsen derselben liegen in der gleichen Ebene und parallel zu den Achsen der vorerwähnten rotierenden Walzen. Diese Rollen weisen eine V-förmige Oberflächengestaltung auf und sind so angeordnet, daß sie gegen den Golfballkern drücken und ihn gegen die rotierende Walze in seiner Lage festhalten. Der vertikale Stab, der diese frei rotierenden Rollen trägt, kann, falls erforderlich, belastet werden, um so den Kern gegen die rotierenden Walzen anzudrücken, so daß die erforderliche Drehbewegung durch die Rotation und seitliche Verschiebung der Walzen auf ihn übertragen wird.

Bei Anwendung dieser Erfindung an dieser Apparaturtype ist an eine nach oben gerichtete Gabel noch ein beweglicher Hebel angestützt, dessen freies Ende auf dem oberen Ende des Stabes liegt, der die frei beweglichen Rollen trägt, so zwar, daß ein als Feder ausgestaltetes Polster zwischen diesem Hebel und dem Ende des Stabes Platz hat. Die Gabel ist nun so gelagert und der Hebel so damit verbunden, daß er parallel zu der Achse der rotierenden Walzen und nahezu im rechten Winkel zur Achse des die frei beweglichen Rollen tragenden Stabes angebracht ist. Das eine Ende des Hebels, das wie erwähnt am oberen Ende des Stabes aufliegt, trägt eine bewegliche Schwungscheibe aus Leichtmetall, deren Achse wieder im rechten Winkel zum Hebel und zum Stabe gelagert ist. An diese Schwungscheibe ist auf einer Seite ihrer Achse ein Gewicht montiert. Die Schwungscheibe weist auf ihrem Umfang eine Einkerbung auf, die zur Aufnahme eines Treibriemens dient. Dieser Treibriemen wird seinerseits von einer Schwungscheibe betrieben, die an einem Ende der Spindel aufgekeilt ist. Der Riemen wird noch durch Führungsscheiben gehalten, die an der vorerwähnten Gabel befestigt sind, die den frei beweglichen Hebel abstützt. An dem Hebel ist noch zwischen dem abgestützten Ende und dem das beschwerte Schwungrad tragenden Ende eine Spannfeder angebracht, die an ihrem unteren Ende an einem Haken des Rahmenbogenstückes befestigt ist. Der Haken ist durch das Rahmenstück durchgeführt und mit Gegen-

muttern befestigt, so daß man je nach Einstellung des Hakens die Spannung der Feder beliebig verändern kann.

Betrachtet man die Beschreibung und zieht zur Verdeutlichung die Abbildungen heran, so ersieht man, daß durch die Bewegung des Schwungrades infolge seiner gewichtsmäßigen Unbalance ein exzentrisches Moment resultiert. Dieses exzentrische Moment verursacht eine intermittierende Belastung des die frei bewegliche Rolle tragenden Stabes und hierdurch auch eine Übertragung auf die Walze. Pro Umdrehung des Schwungrades erfolgt eine intermittierende Belastung. Durch die Geschwindigkeit der Rotation des Schwungrades und der Spannung der vorerwähnten Feder lassen sich die erforderlichen Ergebnisse bei der Wicklung des Kernes eines Golfballes erzielen.«

Das E. P. Nr. 278 050 vom 3. Juni 1926 von Colin Macbeth und Nr. 312 449 vom 4. April 1928 der Dunlop Rubber Co. betrifft ebenfalls Wickelmaschinen und Zusätze, die die Anwendung intermittierender Kräfte auf den wachsenden Kern ermöglichen, um so die erwünschte Verteilung des Gummifadens zu sichern.

Andere wichtige Faktoren einer Wickelmaschine sind z. B. die automatische Kontrolle des Stillstandes der Maschine, wenn der Kern den erforderlichen Durchmesser erreicht hat, und Vorkehrungen, die die Spannung des Gummifadens regulieren. Man wird einsehen, daß die Spannung des Fadens mit gleichmäßiger Belastung erfolgen muß, um einen Kern zu erhalten, der durchwegs gleiche Härte und Rückprallelastizität aufweist.

Die Dimensionen des Gummifadens sind für den Flug oder die Distanz die der Ball im Spiel erreicht, von Bedeutung. Man sieht ohne weiteres ein, daß bei verhältnismäßig großen Dimensionen, z. B. $0,25 \times 0,50$ cm, der Raum zwischen den Kreuzungspunkten des Fadens sehr groß sein wird, so daß dementsprechend das Gewicht des Kautschuks im Kern verringert wird. Es ist auch technisch schwierig, Fäden so großer Dimensionierung gut zu wickeln und heute übliche Härten zu erzielen. Viele Golfballfabrikanten ziehen daher Fäden vor, die eine Breite von $\frac{1}{16}$ Zoll und $\frac{13-15}{1000}$ Zoll Dicke aufweisen. Mit solchen Fäden hergestellte Kerne werden sehr kompakt, und wenn auch die Zwischenräume, die sich bei der Kreuzung der Fäden ergeben, nicht sehr groß sind, gestatten sie dennoch, daß die Decke oder der Überzug sich in diese Zwischenräume einpressen und sich gut verankern. Wenn nämlich keine anderen Möglichkeiten für die Verbindung des Kernes und des Überzuges vorgesehen sind, muß die Wicklung des Kernes möglichst offen sein, damit das Umhüllungsmaterial im plastischen Zustand während des Druckvulkanisationsvorganges in den Kern einfließen kann. Gegen diese Art der Verankerung der Hülle bestehen aber schwerwiegende Bedenken, da die Charakteristika der Hüllmasse, das heißt der Guttapercha, von Kautschuk erheblich verschieden sind, wodurch die Rückprallelastizität des Fadens eine merkliche Einbuße erleidet.

Vor nicht sehr langer Zeit hat nun die India Rubber Gutta Percha and Telegraph Co. gemeinsam mit dem Autor einen erheblichen Fortschritt bezüglich der Verbindung zwischen Kern und Hülle

bekanntgegeben. In ihrem E. P. Nr. 325 590 von 23. November 1928 machen sie folgenden Vorschlag: »Bisher hat man zwecks Erzielung zufriedenstellender Verankerung der Hülle am Kern die Wicklung der äußeren Kernlagen des Gummibandes oder -fadens locker vorgenommen, um so auf der Oberfläche des Kernes Zwischenräume zu erzielen, in die die Masse der Umhüllung während der Formvulkanisation eindringen kann. Diese aufgelockerte Wicklung beeinträchtigt aber andere wünschenswerte Charakteristika des Balles, und es ist der Zweck der vorliegenden Erfindung, die Verankerung der Hülle mit dem Kern des Balles zu verbessern, ohne die vorerwähnten Charakteristika zu schädigen. Gemäß der Erfindung werden in der Herstellung von Bällen der vorgeschriebenen Type eine oder mehrere Lagen von unvulkanisiertem Kautschuk in Form von Fellen, Bändern, Fäden oder anderer Gestaltung zwischen Kern und Hülle eingelagert. (Diese Kautschuklagen enthalten entweder einzeln oder in ihrer Gesamtheit Zusätze, die die Vulkanisation dieser Lage oder Lagen bei Anwendung von Hitze fördern.) Der Ball wird im folgenden entweder während der Formung der Hülle oder darauffolgend auf solche Temperatur gebracht, die die Vulkanisation dieser Lage oder Lagen gewährleistet.« Die Vorteile eines derartigen Verfahrens bestehen darin, daß man nun einen viel dünneren Gummifaden als bisher verwenden kann, wodurch wieder eine größere Menge Kautschuk in den Ball gewickelt werden kann und ferner darin, daß die Guttapercha, die keine Rückprallelastizität besitzt, daran verhindert wird, in die Wicklungen des Kernes einzudringen. Die Wirkung der mengenmäßigen Erhöhung des unter Spannung stehenden Gummifadens und der gewichtsmäßigen Verringerung der unelastischen Guttapercha im Kern besteht in der Erhöhung der Rückprallelastizität des letzteren. Gemäß dem Verfahren ist es möglich, den Kern ausschließlich mit breitem Kautschukband zu umwickeln und dennoch eine feste Verankerung zwischen Kern und Hülle zu erzielen.

4. Prüfungen

Die laufende Prüfung sämtlicher Materialien und aller wesentlichen Bestandteile ist einer der wichtigsten Punkte in der Fabrikation von Golfbällen. Im folgenden sei eine Zusammenstellung der Prüfungen gegeben:

Kern-Zusätze: Pigmente: Teilchengröße, Feuchtigkeitsgehalt, Spezifisches Gewicht.

Pigmentträger: Viskosität und Reinheit.

Fertiger Kern: Spezifisches Gewicht und nominales Gewicht.

Kautschukband- und Kautschukfäden: Diese Materialien werden Spulen entnommen und auf Bruchlast, Dehnung und bleibende Dehnung geprüft. Da während der Wicklung die betreffenden Bänder oder Fäden dauernd auf 700 bis 800% gedehnt werden, müssen sie auch unter diesen Bedingungen der Prüfung unterworfen werden. Kurven, die die Ergebnisse von Prüfungen an guten Materialien wiedergeben, sind aus Abb. 674 ersichtlich.

Mit Band umwickelter innerer Kern und Gesamtkern: Die vorgesehenen Prüfungen sind in den einzelnen Fällen ziemlich identisch und bestehen aus:

1. Überprüfung der Kugelform.
2. Härte und Kompression.
3. Rückprall.
4. Gewicht.

1. Besondere Uhrenkaliber, die direkt ablesbar sind, stehen für die Bestimmung der Kernform in Gebrauch. Kerne, die diese Prüfung nicht passieren, werden ausgeschieden.

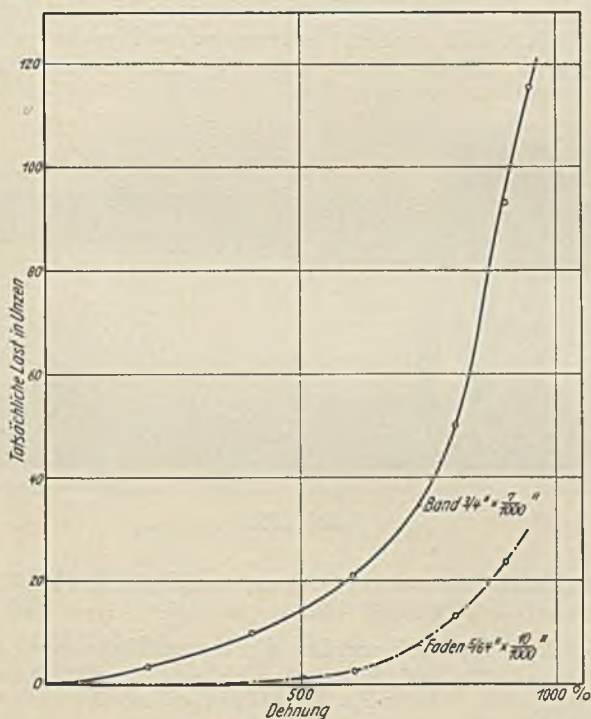


Abb. 674.

2. Die Härte- und Kompressionsprüfung wird auf einer Hebelmaschine (Abb. 675) vorgenommen, deren Arm ein bewegliches Gewicht von 10 lbs aufweist. Wird der Kern unter dem Stützpunkt eingelegt, muß der Kompressionsanzeiger bei 0 stehen. Der Arm ist graduiert und kann das Gewicht nun bis zum Ende des Hebelarmes geführt werden, oder aber schon dort angehalten werden, wo das zu belastende Gewicht vorliegt. In der Praxis wird das Gewicht gleichmäßig bis zum äußersten Ende des Hebelarmes geführt, allwo es einen Druck von 100 lbs ausübt. Diese Belastung bedingt eine Kompression des Kernes und der Grad

derselben wird in $\frac{1}{1000}$ Zoll abgelesen. Wenn also beispielsweise der Zeiger auf 50 steht, bedeutet dies, daß der Kern um 0,050 Zoll komprimiert wurde. Je höher daher die Ablesung ist, um so weicher ist der Kern. Da weiche Kerne nicht erwünscht sind, wird heute 50 allgemein als Standard betrachtet und Kerne, die eine Kompressionsablesung über 50 ergeben, ausgeschieden. Dieselbe Maschine kann auch zur Bestimmung der Erholung des Kernes nach Entfernung der Belastung Anwendung finden. Auch dieser Faktor wird am Zeiger direkt abgelesen, und es ist selbstverständlich, daß man Kerne mit möglichst starker Erholung anstrebt, die gleichzeitig auch ein Maß für die Rückprallelastizität des Kautschukbandes oder -fadens darstellt. Der Kompressionsversuch läßt sich auch mit automatischen Maschinen vornehmen. Die Kerne werden durch einen Trichter in ein Fallrohr ein-

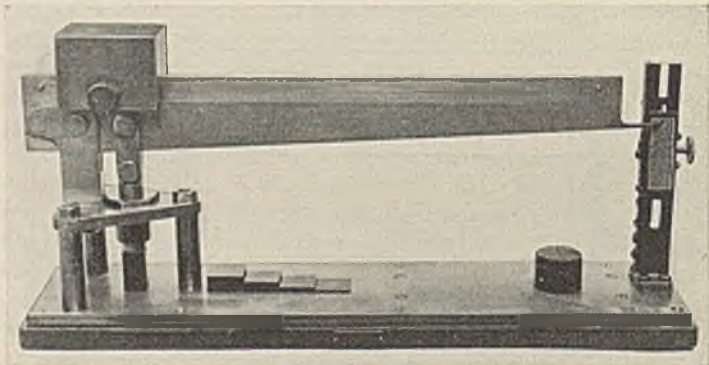


Abb. 675.

gebracht, aus dem sie je nach ihrer Eignung nach der einen oder anderen Richtung austreten.

3. Im Rückprallversuch werden die Kerne längs einer graduierten Skala von 100 Zoll fallengelassen und die Rückprallhöhe beobachtet.

Kompressions-, Erholungs- und Rückprallversuche müssen, um vergleichbar zu sein, Temperaturen und Zeitintervalle nach Herstellung hinreichend berücksichtigen.

4. Die Kerne müssen außerdem auf ihr Gewicht geprüft werden, um festzustellen, ob sie überhaupt für die Bälle, die mit ihnen hergestellt werden sollen, anwendbar sind.

Wenn die Kerne in ihren Hüllen geformt sind, kann man an Stichproben überprüfen, ob der Kern nicht einseitig ist, oder schief liegt, daß die Härte richtig ist und die Rückprallelastizität dem Standard entspricht. Die Kugelgestalt des Balles wird mit einem Mikrometerkaliber bis zu einer Genauigkeit von $\frac{1}{10000}$ Zoll gemessen.

Kürzlich wurde eine geniale Maschine, die »Consistency Tester« genannt wird, zur Prüfung von Golfbällen entwickelt. Sie ist aus Abb. 676 ersichtlich. Sie besteht aus einem schweren gußeisernen Rahmen A, der auf seiner Grundfläche von drei Schrauben getragen wird, die gestatten, den Apparat in die Waage zu stellen. Dies wird durch zwei bei B im rechten Winkel zueinander angebrachte Wasserwaagen ermöglicht. Oben befindet sich ein Magazin C und eine Fallrinne D. Die Wölbung ist auf einen Durchmesser von 1,69 Zoll ausgearbeitet und im Zentrum, wie aus E ersichtlich, schwach vertieft gestaltet. Wenn der Rahmen in der Waage steht, so ist die Neigung des Magazins gerade ausreichend, um die Bälle gegen die Fallrinne zu führen. Die Fallrinne selbst weist gegenüber der Horizontalen eine Neigung von ungefähr 30° auf. Am oberen Ende der Fallrinne befindet sich eine durch einen Pendel betätigte Klappe. Dieselbe gibt einen Ball nach dem anderen frei und gestattet ihnen den Ablauf durch die Rinne. Die Bewegung des Pendels wird durch

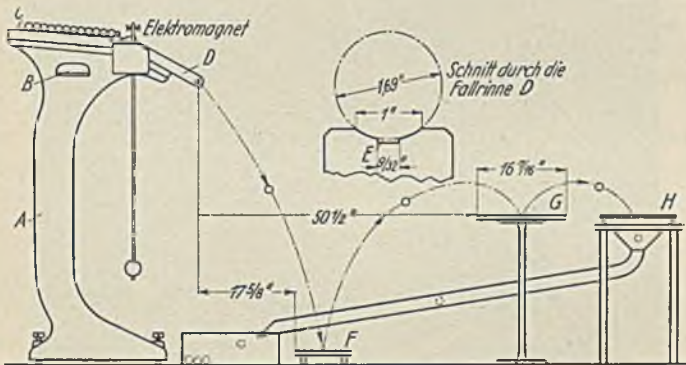


Abb. 676. »Consistency Tester«

eine elektromagnetische Vorrichtung reguliert. Die Rückprallplatte F, auf die der Ball aus der Rinne auftrifft, besteht aus Gußeisen und ist 10 Zoll lang, 7,5 Zoll breit, 1 Zoll dick und wiegt ungefähr 22 lbs. Auch diese Platte steht auf drei Einstellschrauben und weist ebenfalls zwei im rechten Winkel zueinander angebrachte Libellen auf. Die Oberfläche der Platte ist sauber poliert und absolut plan. Im Rückprall von dieser Platte fällt der Ball auf ein Registrierbrett G, $15\frac{1}{4} \times 11$ Zoll, das $26\frac{7}{8}$ Zoll vom Boden entfernt steht. Auf diesem Brett befindet sich ein Papier, das mit einem Kohlepapier bedeckt ist, auf dem ein weiteres dünnes Papier angebracht wird. Jeder Rückprall eines Balles bedingt nun einen Abdruck auf dem Registrierbrett. Aus Gründen der Bequemlichkeit bei der Handhabung des Apparates ist noch ein Trichter H vorgesehen, der die Bälle nach Verlassen des Registrierbrettes aufnimmt und sie durch eine Röhre in eine Lagerkiste schafft.

Die endgültige Prüfung wird auf der Flugmaschine vorgenommen. Sie ist üblicherweise auf einem Feld oder auf einem Golfplatz aufgestellt, so daß hinreichend Raum vorhanden ist, um Flüge bis zu 300 Yards zu

registrieren. Eine solche Maschine ist aus Abb. 677 zu ersehen. Ein gewöhnlicher Golfschläger (Driving Club) ist an einem freibeweglichen Arm befestigt. Ein Gewicht, das der Kraft entspricht, die ein durchschnittlicher Golf-Professional beim Schlage ausübt, bedingt bei Freigabe, daß der Schläger den Ball trifft und mit einer ungefähren Anfangsgeschwindigkeit von 200 Fuß pro Sekunde in parabolischer Kurve durch die Luft schleudert. Der Flug des Balles wird von verschiedenen Richtungen aus beobachtet. Hierbei werden Feststellungen über Deformation beim Aufschlag, Lage der Flugbahn, Abweichung von der Geraden, Wurfedistanz und Länge des Auslaufs am Boden registriert.

Da die Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit usw. den Flug des Balles beeinflussen, müssen die Prüfungen während des

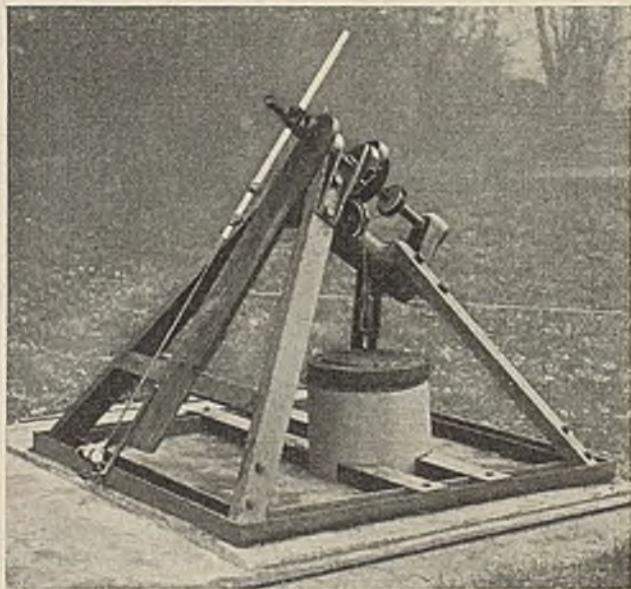


Abb. 677. Flugmaschine

ganzen Jahres unter den verschiedensten Bedingungen ausgeführt werden, um die Ergebnisse registrieren und mit den Konkurrenzfabrikaten vergleichen zu können.

Kürzlich wurden interessante Röntgenaufnahmen an »Silver-King«-Bällen gemacht, um den Einfluß einer Kraft auf den Kern zu studieren, die vergleichbar ist, mit der durch einen Spieler auf den Ball beim Schlag ausgeübten. Es konnte eine nicht unerhebliche Verformung, aber auch eine fast augenblickliche Erholung (Rückprallelastizität) beobachtet werden. Ähnliche Versuche zeigten, daß die Kraft eines »putting«-Schlages den Kern so gut wie gar nicht in Mitleidenschaft zieht. William C. Geer von der B. F. Goodrich Co. hat folgende interessante Beobachtung gemacht. Es wurden Versuche ausgeführt, um festzustellen,

wieviel Energie auf einen Golfball durch den Schlag übertragen wird. Bei diesen Versuchen wurden verschiedene Bälle aus verschiedenen Höhen auf eine schwere Eisenplatte fallengelassen, so daß der Abdruck des abgeflachten Balles auf einem Papier registriert werden konnte. Durch Bestimmung des Durchmessers und der Fläche ließ sich das Ausmaß der Abflachung bestimmen. Hieraus wurde die Energie errechnet, die zur Erzielung einer derartigen Abflachung erforderlich ist. Es wurde aber auch die durch einen Schlag mit dem »driver« im Spiel erzielte Abflachung bestimmt. Der Kopf des Schlägers wog 14 ozn. Seine Geschwindigkeit 203 Fuß/sek. Die Schlagenergie errechnet sich zu 65 Fuß/Pfund. Die Geschwindigkeit des Balles ist etwa 198 Fuß/sek. Die Energie, die im Ball beim Verlassen des Schlägers aufgespeichert ist, beträgt etwa 60 Fuß/lbs. Dies entspricht der Kraft, die erforderlich wäre, um 60 lbs. 1 Fuß hoch zu heben. Weitere Versuche wurden angestellt, um die Kraft zu bestimmen, die erforderlich wäre, um bei allmählicher Steigerung des Gewichtes den Ball zum Platzen zu bringen. Ist es für einen kräftigen Spieler überhaupt möglich, den Ball durch einen Schlag völlig zu zerstören? Ein Standardprodukt wurde zwischen die Stahlplatten einer Prüfmaschine verbracht und komprimiert. Bei einer Belastung von 3000 lbs. verflachte er sich ohne Bruch um mehr als 0,5 Zoll. Erst bei 3900 lbs. barst er. Auf Grund der oben erörterten Zahlen erscheint es daher kaum wahrscheinlich, daß irgend jemand den Ball durch direkten Schlag zum Bersten bringen könnte.

5. Der Überzug (Decke)

Vor Einführung des Balles mit Kautschukkern war der Golfball in seiner Gänze aus entharzter Guttapercha oder Balata hergestellt und es ist daher begreiflich, daß man vor allem die Anwendung dieser Substanzen für die Decke ins Auge faßte.

Eigenschaften und Verarbeitungsmethoden dieser Substanzen waren den Firmen, die sich schon früher mit ihnen befaßt hatten, wie z. B. Unterseekabelfabriken, geläufig. Der neue Ball bot jedoch vom Standpunkt des Überzuges und seiner Aufbringung doch noch manch »neues« Problem. Einige der Hauptschwierigkeiten waren:

Rißbildung des dünnen Überzuges beim »Schlagen«.

Schwierigkeit guter Verbindung zwischen Kautschukkern und -überzug.

Herstellung eines geeigneten Lackes, der in 24 Stunden trocknet, den Schlägen widersteht und durch mehrere Monate von reinweißer Farbe bleibt.

Es wurden viele Mischungen erprobt und viel Zeit aufgewandt, bevor man fand, daß gute Decken durch Mischen von Rohkautschuk mit Guttapercha und Balata erzielt werden können. Bevor wir uns mit der modernen Praxis befassen, mag folgender Hinweis interessant sein.

Im Haskell'schen Patent aus dem Jahre 1898 wird vorgeschlagen, den Überzug durch wiederholtes Tauchen des Kernes in Guttaperchalösung bis zur Erzielung der gewünschten Dicke aufzubauen. Der größte Bestandteil des Überzuges ist heute Balata. Im rohen Zustand, wie sie

aus den Gewinnungsländern eingeführt wird, enthält sie Wasser, Schmutz und viele natürliche Harze und nur etwa 30% sind Gutta. Es ist daher erforderlich, das Rohmaterial zu reinigen. Der Vorgang ist folgender:

Die Blöcke des Rohmaterials werden in Scheiben geschnitten und in Behälter verbracht, die je etwa 400 lbs. aufnehmen. Sechs derartige Behälter werden als Batterie zusammengefaßt. Am ersten Tag wird die Rohbalata in Nr. 1 mit Benzin von niedrigem spezifischen Gewicht überdeckt. Nach 24 Stunden, nachdem die Extraktion begonnen hat, wird die Lösung in den Behälter Nr. 2 übergeführt und Nr. 1 mit frischem Lösungsmittel beschickt. So geht dies weiter, bis am sechsten Tag auch der letzte Behälter mit Lösung versehen ist. Das Benzin wird abdestilliert und wieder im Kreislauf angewandt, die verbleibenden Harze finden für verschiedene Zwecke Verwendung. Am sechsten Tag wird die im Behälter 1 befindliche, nunmehr entharzte Balata in ein geschlossenes Gefäß mit Rührwerk verbracht, mit frischem Lösungsmittel überdeckt und auf 50° C erhitzt. Die Balata löst sich. Dann wird die Masse in Absetzbottiche gepumpt. Hier tritt eine Ausfällung einer weißen Masse ein, die flockig über einem schmutzigen Brei anfällt. Nach Beendigung des Verfahrens wird die weiße Masse vom Lösungsmittel befreit und mit den anderen Zusätzen, wie Rohkautschuk, Zinkoxyd oder anderen Pigmenten, Schwefel usw. vermischt.

Zwei bekannte Golfballdecken sind folgendermaßen zusammengesetzt:

	A	B
Entharzte Balata . . .	80 %	74 %
Pale Crepe Kautschuk . . .	16 %	21 %
Zinkoxyd	3,5 %	—
Titanoxyd	—	5 %
Schwefel	0,5 %	—

Drei bekannte Arten der Aufbringung der Decke sind:

1. Bedecken des Kautschukernes mit Streifen,
2. Anwendung von Lösungen,
3. Halbkugelförmige Schalen oder Becher.

Nach Verfahren 1) werden aus einer auf 0,007 Zoll Dicke kalandrierten Platte Streifen von $\frac{5}{8}$ Zoll Breite geschnitten und bis zu einem bestimmten Gewicht um den Kern gelegt. Die Aufbringung kann von Hand oder mittels einer der bereits beschriebenen Wickelmaschinen erfolgen. Man erhält so einen von Formungsfehlern praktisch freien Überzug.

Nach Verfahren 2 kann man bis zur erforderlichen Dicke durch mehrfache Tauchung gelangen. Ein weiteres Verfahren ist folgendermaßen: Das Überzugsmaterial wird auf jede Hälfte separat aufgebracht. Der Kern wird ein wenig mit Guttapercha eingeschmiert und gelangt nun in die Hände eines Arbeiters. Dieser hält nun den Kern in einen Fluß dieser Substanz, der aus der Öffnung einer automatisch arbeitenden Maschine ausfließt. Diese Maschine läßt jeweils genau die Menge austreten, die zur Bedeckung der einen Hälfte erforderlich ist. Der Ball wird dann in eine Metallform gedrückt, die die aufgetragene Deckenmasse vorformt. Die Formen sind in größerer Anzahl auf einem Kühltisch angebracht,

so daß die Guttahülle sehr rasch erstarrt. Die zweite Hälfte wird auf ähnliche Weise aufgebracht und die rohbedeckten Bälle kommen dann in einem bedeckten Gestell in den Trockenraum. Hier verbleiben sie 36 Stunden, um völlige Trocknung zu gewährleisten.

Nach Verfahren 3 werden die »Becher« in Hohlformen gedrückt. Sie sind an den Enden dicker gehalten, so daß die Masse während der Preßformung gegen die Mitte verfließen kann. Bei dem Becherverfahren muß man größte Sorgfalt darauf verwenden, daß der Zusammenschluß am »Äquator« einwandfrei ist. In manchen Fällen wird zweimal geformt, so zwar, daß der Ball beim zweiten Mal im rechten Winkel gegen seine frühere Lage eingelegt wird. Hierdurch erzielt man einen sicheren Abschluß. Es besteht aber die Gefahr ungleicher Dicke, wodurch der Flug des Balles benachteiligt wird.

Die bisher besprochenen Deckenmassen waren unvulkanisiert. Im folgenden wollen wir uns mit diesem wichtigen Problem befassen. Ein Patent schlägt vor, geformte Abschnitte von Deckenmasse anzuwenden, die vornehmlich aus Balata oder Guttapercha und einer kleinen Menge Kautschuk besteht, und auf den Ball eine Schlußdecke aufzuvulkanisieren, die aus derselben Mischung besteht, der noch kleine Mengen Schwefel und ein Ultrabeschleuniger, wie z. B. Zinkäthyl-Xanthogenat, beigemischt ist. Die Beschleuniger aus der Gruppe der Dithiocarbonsäuren und auch andere haben die Eigenschaft, die Vulkanisation bei etwa 105° C einzuleiten. Die Verwendung von Ultrabeschleunigern gestattet unter diesen Bedingungen die gleichzeitige Formung und Anvulkanisation in ungefähr 10 Minuten. Die Bälle können dann aus der Form entnommen werden und bei gewöhnlicher Temperatur mehrere Tage »reifen«, wobei die Vulkanisation fortschreitet und abgeschlossen wird. Gemäß dem Patent konnte folgende Mischung Anwendung finden:

Balata	90 Teile
Kautschuk	10 Teile
Zinkoxyd	10 Teile
Schwefel	2 Teile
Zinkäthyl-Xanthogenat .	3 Teile

Eine vulkanisierte Decke hat gewisse Vorteile insofern, als sie zäh ist und dem Einschneiden gut widersteht. In der Regel sind aber diese Bälle weich und können nicht so weit geschlagen werden wie erstklassige Bälle.

6. Formen und Formverfahren

Die Golfballformen bestehen aus Stahl oder Nichteisenmetallen. Bei Stahl wird die innere Fläche, die die Oberflächenzeichnung des Balles bedingt, mit besonderen Maschinen bearbeitet. Die Formen sind zweiteilig und öfter werden sie in Führungen gehalten, um eine Verlagerung bei Benutzung zu vermeiden. Die *Silvertown Company* in London hat sich ein Verfahren zur Herstellung von Formen schützen lassen, das darin besteht, daß ein Positiv unter hydraulischem Druck in einen auf 1300° C erhitzten Metallblock eingepreßt wird. Nach Abkühlung des Metalles wird das Positiv entfernt. Je ein Paar so erzeugter hemisphä-

rischer Hohlformen werden genau aufeinander verpaßt und zu einer Form vereinigt. Die Formen müssen bezüglich Durchmesser und Tiefe sehr exakt gearbeitet sein. Es ist auch Vorsorge dafür zu treffen, daß die Form bei der oftmaligen Benutzung, durch Temperaturschwankungen und dergleichen, sich nicht verzieht oder ihre Dimensionierung ändert. Bei Verwendung von Stahl ist ferner auf absolute Rostfreiheit zu achten, da die Verwendung von nichtrostendem Stahl für den vorgesehenen Zweck noch zu teuer sein dürfte. Die Oberfläche des Balles läßt sich erheblich verbessern, wenn die Nichteisenmetallformen an ihrer inneren, formgebenden Fläche verzinkt werden.

Golfbälle können in üblichen Dampfpressen oder auch in kochendem Wasser vulkanisiert werden. Eine bequeme Methode ist die Anlieferung der leeren Formen am laufenden Band und Weitergabe nach Füllung an hydraulische Pressen. 12 Formen werden hier in einem Wägelchen zusammengefügt. Sie gehen dann auf ein anderes Band über und zur Heißwasservulkanisation. Nach 15 Minuten werden sie in kaltes Wasser übergeführt und gelangen in die Entladestation.

Man muß größte Vorsicht walten lassen, um den Einschluß von Luft im Ball während der Formung zu verhindern, ebenso müssen Blasen und Löcher auf der Oberfläche vermieden werden. Je nach der Zusammensetzung der Deckenmasse ist es mitunter vorteilhaft, die Form einzuschmieren, um so eine leichtere Entnahme zu gewährleisten.

7. Beschneiden

(Entfernung des Austriebes, Haut usw.)

Man hat schon viele geniale Konstruktionen zwecks Entfernung des am Ball haftenden Austriebes ausgearbeitet. Eine solche in USA. kon-

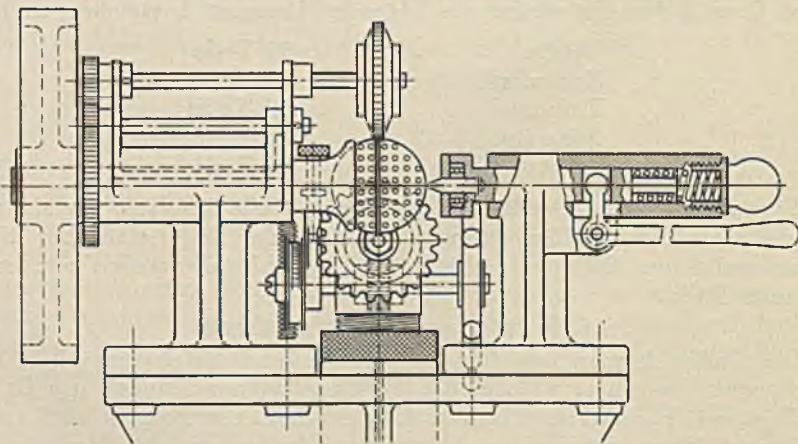


Abb. 678. Beschneidemaschine

struierte Maschine (Abb. 678) weist eine Vorrichtung auf, den Ball zu halten und zu rotieren und ein Messer, das leicht gegen den Ball gedrückt wird. Das Messer wird mit seiner Schneide so eingestellt, daß es tangential die zu säubernde Fläche bestreicht. Eine andere Maschine

besteht in einem rotierenden Tisch, in dem ungefähr 20 röhrenförmige Schneidewerkzeuge befestigt sind. Nach Beschickung dieser Messerröhren mit je einem Ball wird der Tisch in Rotation versetzt. Jeder Ball gelangt nun der Reihe nach unter ein zweites gleichgestelltes Ringmesser, das gleichzeitig gesenkt wird. Wenn die Messer sich berühren,

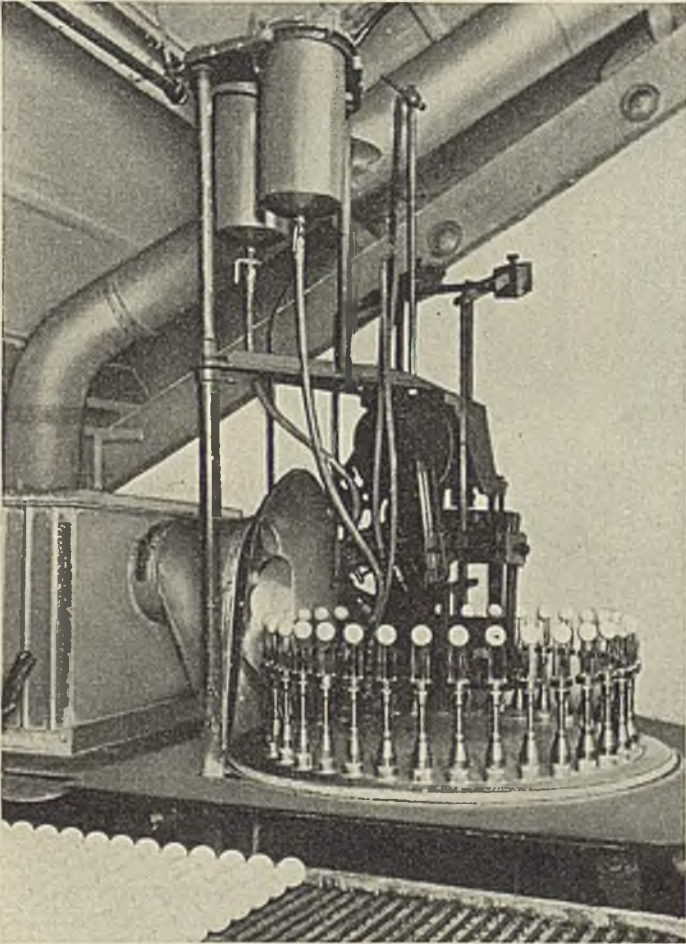


Abb. 679. Spritzautomat

reiben sie die ausgetriebene Haut bis auf $\frac{1}{32}$ Zoll ab. Eine andere englische Anordnung besteht in einem bajonettartigen Messer, das um den ruhenden Ball rotiert. Die Einstellung des Messers auf die Tangente der Balloberfläche muß sehr vorsichtig erfolgen, da sonst die Gefahr des Einschneidens besteht. Viele Golfbälle werden noch heute von Hand abgeschliffen. Der Arbeiter hält den Ball in der einen Hand und schneidet mittels eines Messers mit der anderen Hand den Austrieb ab. Ein ge-

über Arbeiter erledigt seine Aufgabe gut und mit erstaunlicher Geschwindigkeit.

8. Bemalung

Die Farbe eines Golfballes wird während des Gebrauches sehr starker Beanspruchung ausgesetzt. Deshalb muß das Material mit größter Sorgfalt ausgewählt werden. Es muß hinreichend geschmeidig sein, um die vielen, während des Spielens auftreffenden Schläge auszuhalten. Es muß

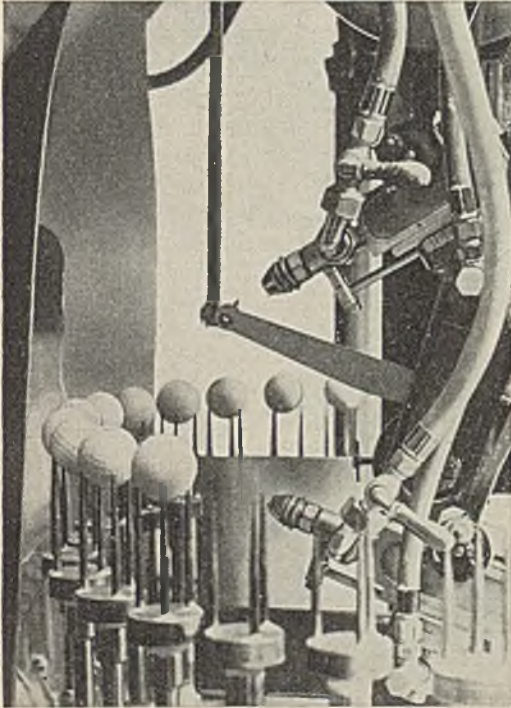


Abb. 680. Die Spritzvorrichtungen des Spritzautomaten

einen guten Körper und gute Deckkraft haben, um den Ballüberzug zu verbergen. Es muß weiß und glänzend sein und dieses Aussehen aus Gründen der Aufmachung auf längere Zeit im Tageslicht oder in der Verpackung beibehalten. Die besten Emailen stellt man aus den feinsten Zinkoxyden und ausgewählten und gereiften Ölen her. In letzter Zeit hat man unter Verwendung von Titanweiß allein oder zusammen mit Zinkoxyd gewisse Fortschritte erzielt. Die Emaile soll bei einer Temperatur von 32° C in 18 Stunden gut trocknen. Rasch trocknende Lacke pflegen im Spiel nach kurzer Zeit rissig zu werden.

Golfbälle sollen mit Benzin, Benzol oder Terpentin gereinigt oder gewaschen werden, um Spuren von Harzen, Fett usw. von der Oberfläche zu entfernen. Wird dies nicht beachtet, so können sich leicht Schwierigkeiten bei der Trocknung sowie durch Abheben des Lackes usw. ergeben.

Eine beliebte Methode des Aufbringens ist die von Hand. Eine Arbeiterin nimmt eine kleine Menge des Lackes in die Hand und rollt nun den Ball zwischen den Händen. Dann wird der Ball auf einem Tablett auf Stifte aufgesetzt und 6 bis 8 andere Bälle vorgenommen. Dann reibt sie vom ersten Ball den überschüssigen Lack ab, bis er eine glatte Oberfläche aufweist. Wenn das Tablett voll ist, wird es in einen Ofen gebracht, durch den ein Strom warmer Luft geblasen wird. Dies wird an den darauffolgenden Tagen alles wiederholt, bis die erforderliche Lack-

schichtdicke erzielt ist. Während der ganzen Dauer der Lackierung muß dafür gesorgt werden, daß die Bälle oder der Lack nicht mit Fett, Staub usw. in Berührung kommen.

Eine moderne Methode der Bemalung beruht auf der Anwendung des Spritzverfahrens (Abb. 679 und 680). Eine Unzahl dieser Maschinen sind jetzt schon im Gebrauch und die hiermit erzielten Ergebnisse sind der Handarbeit weit überlegen. Der Lack läßt sich gleichmäßiger und glatter ohne Verschmutzungsgefahr auftragen. Der Durchsatz ist bedeutend größer. Die Spritzanlage soll mit einem Druck von 50 lbs/Zoll² betrieben werden, doch kann die Viskosität des Lackes gewisse Abweichungen hiervon bedingen.

Golfbälle können auch einzeln oder in größerer Anzahl in Lacklösung getaucht und der überschüssige Lack durch rasche Rotation abgeschleudert werden.

Golfbälle, die eine vulkanisierte Decke aufweisen, müssen erst lackiert werden, bevor man die übliche Emaille darauf zum Trocknen bringen kann.

Markieren

Wenn die erforderliche Menge Emaille aufgebracht ist, wird die Oberfläche auf Fehlerfreiheit untersucht und dann mit der jeweiligen Markenbezeichnung versehen.²

Verpackung

Golfbälle werden entweder von Hand oder maschinell in die verschiedensten Papiersorten eingehüllt. Die in Abb. 681 wiedergegebene

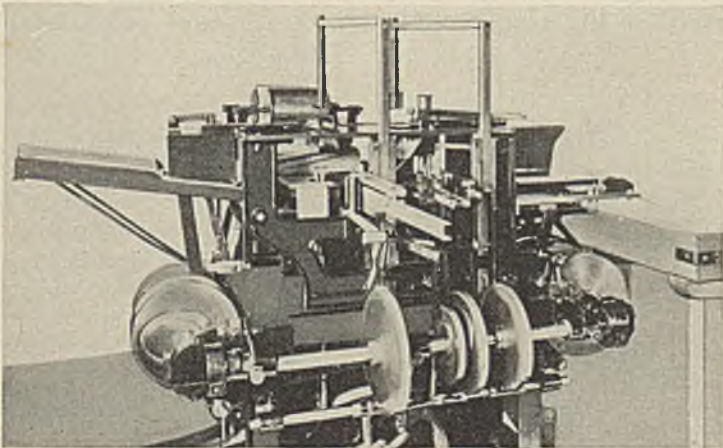


Abb. 681. Packmaschine von Paillard und Benoit

Maschine der Firma Paillard & Benoit verpackt 30 Bälle pro Minute.

² Bei Abfassung dieses Beitrages ist ein ungefärbter Ball erstmalig dem Spiel übergeben worden. Die Decke dieses Balles ist praktisch weiß, die Oberfläche wird einer Härtung unterworfen. Ob sich dieser Ball erfolgreich einführen wird, kann heute noch nicht gesagt werden.

GUMMISPIELZEUGE

VON DR. STEFAN DOROGI, ALBERTFALVA, UND DR. F. GABOR, BUDAPEST

I. Einleitung*

Historisches über Kautschukspielzeuge

Der in der menschlichen Seele fest verankerte Spieldrang fand im Kautschuk und in den ihm verwandten Materialien seit uralten Zeiten einen geeigneten Gestaltungsstoff; so kam es, daß diese ursprünglich exotischen Materialien in Europa zuerst in Spielzeugform bekannt wurden. Schon die ersten Ostindienfahrer brachten aus den märchenhaften malayischen Ländern drollige menschliche und Tierfiguren aus lederartigem Material mit, deren Glieder bei mäßigem Erwärmen beweglich wurden. In manchen Kuriositätensammlungen sieht man heute noch diese Guttaperchafiguren. Das heute allbekannte und bei allen Kulturvölkern beliebte Golfspiel mit dem charakteristischen Balle wird schon von ersten spanischen Missionaren in Peru beschrieben, wobei zum ersten Male das überraschend federnde und hierdurch das Spiel eigentlich ermöglichende Material der Bälle hervorgehoben wird. Seither haben viele Forscher, die die Kautschuk produzierenden Länder bereisten, erwähnt, daß bei den dort wohnhaften Völkern die verschiedensten Gegenstände, besonders spielzeugartige, wie Bälle, dann auf Holzformen aus Kautschukmilch hergestellte Tanzmasken, wie auch massive Spielfiguren und noch andere Objekte in Gebrauch standen. Die neuesten Funde der südamerikanischen Urkulturforschung haben bewiesen, daß in keiner der ausgegrabenen Städte der Maya die Spielballarena fehlte.¹

Wesen der Spielzeuge

Um dem Kautschuk als annähernd idealen Werkstoff in der Spielzeugfabrikation den gebührenden Platz weisen zu können, soll einiges über das Wesen der Spielzeuge gesagt werden. Der Spieltrieb ist im Urinstinkte der Menschen verankert und nährt sich aus dem unbewußten Betätigungsdrang, der bei Kindern und auch bei Erwachsenen vorhanden

* Von Dr. Stefan Dorogi, Albertfalva.

¹ Auffallend ist, daß Thomas Hancock, der Vater der Gummi-Industrie, dagegen in seinem im Jahre 1857 erschienenen grundlegenden Werke »Personal narrative of the origin and progress of the caoutchouc and India Rubber manufacture in England« diese Verwendungsmöglichkeit des Gummis entweder gar nicht ins Auge gefaßt oder nur oberflächlich berührt hat. In seinem Buche zählt er in acht Gruppen ungefähr 140 verschiedene Gummigegenstände auf, ohne Gummispielzeug zu erwähnen. Nach H. L. Terry »India Rubber and its Manufacture«, London (1919) S. 208, wurde in den ersten Zeiten des Gummihandels Paragummi auch in Form von Tierfiguren auf den Markt gebracht. Die Franzosen waren die ersten, die die Herstellung von Gummispielzeugen fabrikmäßig aufgenommen haben. Etwa 1876 wurde die Aufmerksamkeit der deutschen Gummi-Industrie auf diesen Artikel gelenkt und die Herstellung im eignen Lande aufgenommen. Bald folgten in kurzen Zeitabschnitten Ungarn, Rußland, die Vereinigten Staaten von Amerika, Japan usw. (Anm. von F. Gabor.)

ist, wenn auch dieser Drang in den verschiedenen Menschenaltern verschiedener Ausdrucksmittel bedarf. Auch sind die Formen des Spieles mannigfach, und kann man alle jene Betätigungen und Vergnügungen, die unter dem Sammelnamen Sport zusammengefaßt werden, füglich als Spielarten betrachten. Seit Urzeiten hat also das Spiel in dem Leben aller Völker und in der Gedankenwelt sowohl der Kinder als auch der Erwachsenen einen außerordentlich wichtigen Platz eingenommen, und zu jeder Zeit hat der Spieldrang zur eigenen Betätigung Objekte, also Spielzeuge nötig gehabt.

Einteilung der Spielzeuge

Die Spielzeuge gliedern wir je nach Art des Spieles selbst in die eigentlichen Spielzeuge (Puppen, Tierfiguren, Kochgeräte, werkzeugartige Behelfe usw.) und in die sogenannten Sportartikel. Mit Rücksicht darauf, daß das Spielen der Kinder zum großen Teile eigentlich nichts anderes ist, als Nachahmung der Tätigkeit der Erwachsenen und eine unbewußte Übung der später notwendig werdenden Funktionen, ist auch das Spielzeug außerordentlich mannigfach und erstreckt sich über eine riesige Skala der verschiedensten Gegenstände. Zu beachten wäre noch in diesem Zusammenhang, daß sich der Spielinstinkt der Kinder seit jeher besonders gerne denjenigen Funktionen der Erwachsenen zuwendete, die in irgendeiner Art der Bewegung und der Beweglichkeit ihren Ausdruck finden, und hiermit ist auch in der neueren Zeit die immer wachsende Beliebtheit der mechanischen Spielzeuge erklärbar.

Bei der außerordentlichen Verschiedenheit der Spielzeuge kommen natürlich fast sämtliche organischen und anorganischen Rohmaterialien in Betracht, wenn sie für den Spieler nicht schädlich sind. In dem Maße, wie die Technik neue Rohmaterialquellen erschloß, vermehrten sich auch die Werkstoffe der Spielzeugindustrie, besonders wenn diese neuen Werkstoffe auch neue Ausdrucksweisen des Spieltriebes möglich machten. Für Spielzeuge im Sinne des Vorhergesagten geeignete Materialien sind also diejenigen, die gestatten, daß das Spielzeug den Ursinn des Spieltriebes in geeigneter Form zum Ausdruck bringt.

Kautschuk als Spielzeugwerkstoff

Der Kautschuk muß als besonders vorteilhafter Spielzeugwerkstoff angesprochen werden. Seine Eignung ist in den physikalischen Eigenschaften des Materials begründet. Die außerordentliche und ganz allein stehende Dehnbarkeit und Elastizität, die ganz merkwürdige Kupplung von Weichheit und Festigkeit, von Wasser- und Luftundurchlässigkeit prädestinieren den Kautschuk zur Verwendung für eine sehr große Reihe der Spielzeuge. Die hohe Elastizität des Kautschuks kann in dynamischen Spielzeugen nutzbar gemacht werden. Es genügt, wenn wir dabei auf die Verbindungsglieder bei den Springmännchen, auf Gummischleuder, auf die Flugzeug-Gummimotoren, auf die elastischen Gas- und Wasserbehälter bei einschlägigen Spielzeugen hinweisen. Die große Formbehaltungsenergie, die sehr bedeutende Haltbarkeit gegenüber anderen Materialien,

wie Blech usw., die Unschädlichkeit für unvorsichtige Kinder, sind alles Vorzüge, die den Kautschuk in die erste Reihe der für die Spielzeugfabrikation in Betracht kommenden Werkstoffe stellen. Hierzu kommt in erster Linie noch das durch die Luftundurchlässigkeit gegebene pneumatische Prinzip, durch das ganz überraschende Möglichkeiten eröffnet werden.

Während für ganz kleine Kinder der Kautschuk das beste Puppenmaterial ist, weil diese Puppen keine Teile haben, durch die sich das Kind verletzen kann und weil diese Puppen auch absolut hygienisch reingehalten werden können, bringt das erwähnte pneumatische Prinzip den Kautschuk als Werkstoff für Wassersport und Strandspielzeug auf den allerersten Platz. Der Umstand, daß die Gummispielwaren durch Ausnützung des pneumatischen Prinzips und durch Verwendung eines Pfeifchens auch als akustische Spielzeuge verwendet werden können, öffnet ein weiteres großes Verwendungsgebiet. Mit einem Worte, Spielzeuge und Sportartikel aus Kautschuk können Verwendung finden für Menschen jeglichen Alters, vom Säuglingsalter angefangen bis zum Greisenalter; in allen Lebensperioden finden diese Spiel- oder Scherzartikel, oder aber auch Sportartikel, Verwendung. Es findet auch oft eine Kupplung mit Gebrauchsgegenständen anderen Charakters statt. Wir wollen im Zusammenhange hiermit nur auf Gummischwämme in menschlicher oder Tierfigurenformen, oder Wärmeflaschen für Kinder in Tierfigurenform usw. hinweisen.

Als oberstes Prinzip bei Verwendung des Kautschuks für Spielzeugfabrikation muß wohl das Prinzip der Beweglichkeit als der Starrheit entgegengesetzt angesprochen werden. Hierdurch allein ist der erwähnte pneumatische oder akustische Effekt ermöglicht worden. Es kann füglich behauptet werden, daß, während die meisten, aus anderen Materialien erzeugten Spielzeuge auch aus Kautschuk angefertigt werden können, es Spielzeuge gibt, für die ein anderes Material als Kautschuk nicht in Betracht kommt.

Einteilung der Gummispielzeuge

Die Herstellung der Gummispielwaren erstreckt sich fast auf das Gesamtgebiet der heute schon so hoch entwickelten Kautschuktechnologie, und die folgende Einteilung soll die Herstellungsart berücksichtigen, wobei in Betracht gezogen wurde, daß nähere Angaben über die Herstellungsart der verschiedenen Spielzeuge in den entsprechenden Kapiteln dieses Werkes zu finden sind. Wir unterscheiden:

A. Gummiartikel als Hilfselemente der Spielwarenfabrikation

Diese sind Gegenstände, die mehr oder weniger wichtige Bestandteile von Spielwaren darstellen, und zwar:

1. Elastische Elemente für Springspielzeuge, z. B. Fäden und Schnüre jeglicher Herstellungsart, die für Hängefäden von Springspielzeugen (Tanzmännchen, springende Affen, zurückkehrende Bälle) verwendet werden.

2. Dickere Formschnüre jeglicher Herstellung, die für Spielflugzeuge als Motor verwendet werden.
3. Schleudergummi.
4. Formschnüre und andere Teile für aus starrem Material erzeugte Puppen als Verbindung der Gelenke usw.
5. Unzerbrechliche Puppenglieder in Formen oder als Hohlkörper hergestellt.
6. Deckplatten für Ping-Pongschläger, entweder in Formen oder auf profilierte Art hergestellt.

B. Spielzeuge, deren Charakter durch Gummi bedingt ist

I. Geformte massive Körper,

die im allgemeinen durch Pressen in Formen hergestellt werden und Gummi-Spielkugeln, d. h. farbige, kleine Gummikugeln mit und ohne Metallkern.

1. Gummikugeln für Kegelspiel mit entsprechend großem Durchmesser und mit kleinerem oder größerem Kerne.
2. Golfbälle.
3. Eis-Hockeyscheiben, d. h. runde Scheiben aus hartem, elastisch gepreßtem Gummi.
4. Verschieden geformte Gummihämmer für Schlagspiele in Formen gepreßt.
5. Gummisoldaten oder Tierfiguren, den Bleisoldaten ähnlich, in Formen gepreßt.

II. Geformte Schwammgummikörper

1. Poröse Bälle, hierzu gehören die aus porösem Material in Form hergestellten massiven Spielbälle.
2. Soldaten und Tierfiguren aus porösem Material in Form hergestellt.
3. Menschliche und Tierfiguren aus Gummischwamm hergestellt.

III. In Formen vulkanisierte Hohlkörper

1. Gummispielbälle, als durch inneren konstanten Luftdruck straffgehaltene dünnwandige, kugelförmige Hohlkörper.
2. Tennisbälle. Durch Stoffüberzug verstärkte, dickwandige, kugelförmige Hohlkörper.
3. Dünnwandige, offene kugelförmige Hohlkörper, als pneumatische Kraftkörper für Osterspritzen und Juxbälle verwendet.
4. Mineralisierte Spielzeugfiguren in menschlicher und Tierform, mit Pfeifen oder anderen Stimmen versehen, in dünnwandigen Formen gepreßt.
5. Äußerst dünnwandige Hohlfiguren in Formen gepreßt, die sehr empfindliche Stimmen haben, die beim leisesten Anrühren ertönen.

IV. Durch Kleben zusammengesetzte, von gewalzten ebenen Blättern hergestellte, ohne Formen vulkanisierte Hohlkörper

1. Ballseelen, die innerhalb von aus Stoff oder Gummi hergestellten Ballhüllen verwendet werden und aus zwei oder mehreren Blättern bestehen.
2. Aufblasbare Bälle, aus vier oder mehreren Blättern zusammengesetzt.
3. Ballhüllen, aus mehreren Blättern hergestellt und mit aufblasbarer Seele verwendet.
4. Fußballseelen.
5. Aufblasbare menschliche oder Tierfiguren, aus zwei oder mehreren Blättern zusammengesetzt.
6. Schwimmende kleine Figuren, z. B. für Verwendung als Spielzeug in der Kinderbadewanne.
7. Große Schwimmfiguren, verwendet als Schwimmbehelf.

V. Aufblasbare Hohlkörper,

die aus gewalzten ebenen Blättern durch verschweißendes Stanzen hergestellt werden.

1. Aufblasbälle aus vier und mehr Platten.
2. Ballhüllen aus vier und mehr Platten für Doppelbälle.
3. Ballseelen aus zwei oder mehr Platten.
4. Figuren aus zwei Platten.
5. Figuren aus zwei Platten mit Schwimmballast oder Ständer aus anderen Materialien.
6. Aufblasefiguren mit angeklebten Extremitäten.
7. Aufblasefiguren aus drei Blättern gestanzt.
8. Aufblasefiguren aus vier Blättern gestanzt.

VI. Aus geschnittenen Patentplatten hergestellte Spielwaren

1. Schreibblasen.
2. Luftballons.
3. Durch konstanten inneren Luftdruck strammgehaltene runde Bälle ganz leichter Ausführung.
4. Juxartikel aus mehreren Bestandteilen.

VII. Aus Gummilösung oder wässrigen Dispersionen getauchte Spielwaren

1. Schreibblasen.
2. Luftballons.
3. Juxartikel und deren Bestandteile.

II. Massive und hohlwandige in Formen hergestellte Spielzeuge*

Ausführungsarten

Die in Formen hergestellten Spielzeuge bestehen entweder aus Vollgummi ohne Lufträume oder aus Schwammgummi oder aber aus einem Hohlraum einschließenden Voll- oder Schwammgummi.

1. Vollkörper

Die einfachste Ausführungsart ist die von Vollgummikörpern. Diese werden nur in verhältnismäßig kleiner Zahl und für besondere Zwecke hergestellt. Im allgemeinen eignet sich diese Ausführung für größere Gegenstände nicht, teils zufolge des nicht unbedeutlichen Gewichtes teils auch mit Rücksicht auf den dadurch verursachten höheren Preis.

2. Schwammkörper

Abgesehen von Schwammgummibällen, worüber an anderer Stelle berichtet wird², haben in Formen hergestellte Schwammgummispielwaren nur wenig Verbreitung gefunden. Dagegen werden durch Verkleben von Schwammgummiabfällen verschiedene Figuren hergestellt.

3. Hohlkörper

Gummispielzeuge sind zum überwiegenden Teil Hohlkörper, deren Wandungen aus kompaktem Gummi bestehen. Sie werden in großen Mengen besonders als Puppen, Tierfiguren, Schlottern und dergleichen in den mannigfaltigsten Ausführungen erzeugt. Meistens ist in die Hohlkörperwandung eine Stimme eingebaut. Hohlkörperspielzeuge sind im allgemeinen einfache Hohlkörper, es werden aber auch Puppen aus einzelnen Hohlkörpergliedern zusammengesetzt. Zu den Hohlkörpern gehören auch die Gummischerzartikel. Diese pflegen aus einem Hohlkörper zu bestehen, der entweder stellenweise dünnere Wandungen besitzt, oder mit einem dünnwandigen, mit dem Hohlkörper verklebten und in diesen hineinragenden Teil versehen ist. Beim Zusammenpressen des Hohlkörpers vergrößern sich die dünnwandigen Teile, oder sie treten aus dem Hohlkörper hervor und erzielen auf diese Weise den gewünschten Scherzeffekt.

4. Gummi als Bestandteil von Spielzeugen anderer Art

In einer Anzahl von Fällen wird Gummi als Bestandteil von Spielzeugen aus anderen Stoffen verwendet (Kreisel, Ringe, Schnüre usw.). Hierauf soll jedoch hier nicht näher eingegangen werden.

Herstellung von Gummispielwaren

Bei der Herstellung der Vollgummikörper für Spielzwecke wird im wesentlichen das bereits anderweitig beschriebene Verfahren zur Herstellung anderer Vollgummikörper, z. B. für technische³ oder sonstige

* Von Dr. F. Gabor, Budapest.

² Siehe Abschnitt »Schwammkautschuk«.

³ Siehe Abschnitt »Technische Gummiwaren«.

Zwecke angewendet, ebenso wird anderweitig über die Herstellung der Schwammgummimassen ⁴, die als Grundmaterial auch für die Schwammgummispielwaren dienen, berichtet. Wir können uns somit an dieser Stelle darauf beschränken, die Herstellung der geformten Hohlgummispielwaren zu beschreiben.

Im wesentlichen beruht das Verfahren darauf, daß mit Blähmaterialien gefüllte rohe Formlinge erzeugt werden, die bei der Vulkanisation zunächst durch den Druck der Blähmaterialien die Gestalt der Form annehmen und andererseits durch die Hitze ausvulkanisieren. Dieser Doppelvorgang, der während der Heizung jedweder Kontrolle entrückt vor sich geht, bestimmt die Einzelheiten des Verfahrens.

1. Mischungen

Als Folge des Vorhergesagten müssen die Mischungen einerseits genügend thermoplastisch sein und andererseits bereits in rohem, warmem Zustand eine gewisse Formbeständigkeit aufweisen, um ungewünschte Verdünnungen der Gummiwände zu vermeiden. Im allgemeinen entsprechen diesen Anforderungen Gummimischungen mit einem nicht allzu hohen Gummigehalt. Bei der Auswahl der Füllstoffe ist darauf zu achten, daß gesundheitsschädliche Stoffe unbedingt vermieden werden. Die Verwendung von Bleiverbindungen ist somit von vornherein unzulässig. Die Zinkoxydqualität muß deshalb eine gute und unbedingt bleifreie sein. Die Forderung unbedingt giftfreier Materialien ist auch insbesondere bei der Auswahl der Vulkanisationsbeschleuniger und der Alterungsschutzmittel vor Augen zu halten.

Im allgemeinen werden rote und graue Mischungen verwendet. Die Spielzeuge werden vielfach bemalt und gegebenenfalls auch emailliert. Für graue Spielzeuge, die nicht bemalt werden sollen, verwendet man besondere Mischungen, bei denen der Schwefel so eingestellt ist, daß ein Ausblühen stattfindet, während bei Spielzeugen, die bemalt oder emailliert werden, ein Ausblühen des Schwefels auf das peinlichste vermieden werden muß. Von der großen Zahl von möglichen Mischungen sollen nachstehend drei Mischungen in ihren Einzelheiten beispielsweise angegeben werden, und zwar:

Rote Mischung	Graue Mischung, nicht ausblühend
28,20% Kautschuk	22,98% Kautschuk
10,64% Faktis nebst öligem Substanz	16,42% Faktis nebst öligem Substanz
24,46% Lithopone	32,80% Lithopone
21,88% Schwerspat	9,86% Kreide
12,78% Goldschwefel	13,14% Schwerspat
2,16% Schwefel	1,68% Magnesia
	3,12% Schwefel

⁴ Siehe Abschnitt »Schwammkautschuk«.

Graue Mischung, ausblühend

22,90%	hellbr. Crêpe
11,10%	Faktis dunkel
26,80%	Zinkoxyd I
31,50%	präc. Kreide
0,70%	MgO schwer
7,00%	Schwefel

Als Beschleuniger für solche Gummimischungen kann z. B. Diphenylguanidin verwendet werden. In diesem Fall muß natürlich auch, soweit nicht bereits vorhanden, die nötige Menge Zinkoxyd zugesetzt und die entsprechende Schwefelmenge eingestellt werden.

Für besondere Zwecke, z. B. Puppenköpfe, werden außer den allgemein üblichen Weichgummimischungen auch solche verwendet, die lederharten Gummi oder sogar Hartgummi liefern. Meist wird dann die harte Grundschicht mit einer weicheren bedeckt, um dem Spielzeug einen weicheren Griff zu verleihen.

Von den Alterungsschutzmitteln sollen möglichst nur solche zur Verwendung kommen, die keine Verfärbung am Lichte verursachen. Als solche können Stabilit alba (Diortho-tolyl-ätylene-diamine), Agerite white (symmetrisches Di- β -naphthyl-para-phenildiamine), Nonox usw. in Betracht kommen.

Die beim Ausstanzen der Figuren entstehende beträchtliche Menge von Rohabfall kehrt stets wieder in die Fabrikation zurück. Schon aus diesem Grunde können nur lagerungsfähige Mischungen, d. h. solche verwendet werden, die vom Standpunkte der Vulkanisation nicht übermäßig beschleunigt sind. Bei den Hohlkörperspielzeugen ist außerdem wegen den bei der Fabrikation vorwaltenden Verhältnissen die Verwendung der sogenannten Ultraacceleratoren ohnehin nicht ratsam.

Neben grauen und roten Spielwaren werden auch durchgehend gefärbte Spielzeuge hergestellt. Zum Färben benutzt man hierbei sowohl mineralische, wie auch organische Farbstoffe.

2. Vorarbeiten

Die gründlich vorbereitete Mischung wird auf dem Kalandar zu Platten gezogen. Die Dicke der Platte richtet sich nach dem jeweiligen Verwendungszweck. Die Gleichmäßigkeit der Platten muß genau kontrolliert werden. Um bei den fertigen Artikeln, an den gewünschten Stellen, die nötige über die gewählte Plattenstärke hinausgehende Dicke zu erzielen, wird durch Aufkleben von Flecken und Streifen auf die aus den Platten gestanzten Rohlinge die notwendige Materialmenge vorgelesen.

Aus den fertigen, gegebenenfalls bereits mit Verstärkungen versehenen Platten werden die zur Weiterverarbeitung nötigen Rohlinge ausgeschnitten oder ausgestanzt. Die Schnittfläche der Stanze muß je nach der Dicke der zum Stanzen gelangenden Platten gewählt werden. In nebenstehender Abb. 682 ist der Querschnitt einer zweckentsprechenden Stanzkante dargestellt. Die Schnittkante muß im allgemeinen um so

steiler und länger gewählt werden, je dicker die durchzuschneidende Platte ist.

Das Stanzen kann sowohl in Handpressen als auch im Großbetrieb in maschinell angetriebenen Pressen stattfinden.

Die Herstellung der Hohlkörper-Rohlinge erfolgt im Großbetrieb nur durch Maschinenarbeit. Das Ausstanzen und die Vereinigung der einzelnen Teile geschieht meistens in einer einzigen Vorrichtung entweder mit Hilfe von entsprechenden Matrizen und Preßluft (A. P. 673 932) oder Matrizen und Vakuum (D. R. P. 84 957).

Eine der meist verbreiteten Vorrichtungen ist die Rider-Wolcottsche Stanz- und Klebmaschine (A. P. 551 741).⁵ Um das Zusammenheften der Rohgummiplatten an ihren sich berührenden Flächen sicher zu verhindern und den Hohlkörper aufzublasen, führt diese Maschine während des Stanzens Preßluft zwischen die zu vereinigen Gummifelle ein. Beim Arbeiten mit dieser Maschine wird ein rohes Gummiplattenstück auf



Abb. 682.
Querschnitt
einer Stanz-
kante

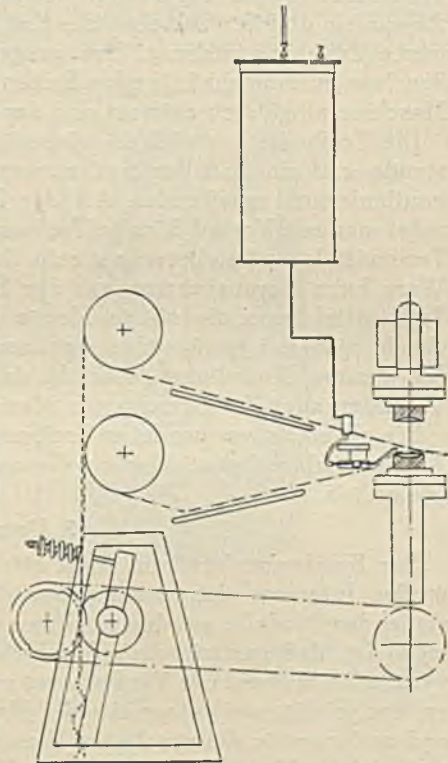


Abb. 683. Vorrichtung zum kontinuierlichen Stanzen

eine feste Tischplatte gesetzt und in dessen Mitte ein Treibmittel gelegt. Dann wird eine zur Lufteinführung dienende Hohlneedle eingeschoben, das zweite Rohgummiplattenstück aufgelegt und die Maschine in Betrieb gesetzt. In der ersten Druckphase werden die aufeinanderliegenden Gummiblätter durch Stanzmesser nur soweit verschweißt, daß sie den schwachen Druck der durch die Hohlneedle entströmenden Luft aushalten. Nach der automatischen Entfernung der Nadel erfolgt dann erst durch einen durchdringenden Stempeldruck das feste Vereinigen der Blätterränder und das Fertigstanzen. Der Antrieb der Maschine erfolgt mittels Friktionskupplung.

⁵ Siehe auch Abschnitt »Spielbälle usw.«.

In einer weiteren Ausbildung dieser Maschine (D. R. P. 560 727) wurde das Ausstanzen zu einer kontinuierlichen Arbeit entwickelt (Abb. 683). Die zu verarbeitenden Kautschukplatten werden durch zwei gegen die Stanze zusammenlaufenden Führungen in den Stanzraum eingeführt. Während des Ausstanzens der Rohlinge wird ein gleichzeitig als Treibmittel wirkendes Trennmittel oder aber gleichzeitig mit den üblichen Trennmitteln auch ein Treibmittel durch die Hohnadel eingeführt. Das Abwickeln und der Vorschub der Kautschukplatten erfolgt ohne nennenswerte Zugbeanspruchung. Das ausgestanzte Kautschukdoppelband mit den lose zusammenhängenden Rohlingen wird durch die Bedienung der Maschine allmählich entfernt und der Vulkanisation zugeleitet.

Die Treibmittel werden in wässriger Lösung oder auch im festen Zustande z. B. in Pastillenform verwendet. Bei der oben beschriebenen kontinuierlich arbeitenden Art der Rider-Wollcottschen Maschine benutzt man mit Vorteil flüssige Treibmittel bzw. Lösungen. Die Menge des Treibmittels muß so berechnet sein, daß die vulkanisierte und abgekühlte Ware beim Herausnehmen aus der Form nicht platzt. Für die meisten Treibmittel kann die nötige Menge aus den Reaktions- und Zustandsgleichungen mit genügender Annäherung rechnerisch ermittelt werden. Die genaue Einstellung geschieht dann im Betrieb selbst durch kleine Veränderungen der berechneten Mengen.

Die allgemein verwendeten Treibmittel sind ammoniakalisches Wasser, Ammoniumbicarbonat oder ein Gemisch aus Ammoniumchlorid und Natriumnitrit.

3. Formen

Der Spielwarenfabrikant sorgt ständig für neue Modelle. Er hat also großes Interesse daran, seine Formkosten zu verbilligen. Die herzustellenden Modelle werden in Gips entworfen, wobei darauf Gewicht zu legen ist, daß gummitechnisch schwierig wiederzugebende Einzelheiten vermieden bleiben. Die Verwendung von Stahl- und Eisenformen ist meist zu kostspielig, weil einerseits die Herstellung der Formen zu teuer ist und andererseits die veralteten Formen im Betrieb selbst nicht als Rohmaterial zur Herstellung von neuen Formen verwendet werden könnten. Man nimmt daher meist Hartbleiformen. Zum Hartbleiguß wird eine Legierung von Antimon, Blei und Zink benutzt. Die Zusammensetzung ist bei den verschiedenen Fabriken etwas verschieden. Die gebräuchlichsten Mischungen enthalten 10 bis 16% Antimon, 80 bis 88% Blei, 1 bis 4% Zink und manchmal auch 0,5% Kupfer. Die Anwesenheit des Kupfers soll den Vulkanisaten eine besonders glatte Oberfläche verleihen und das Herausnehmen aus den Formen erleichtern. Zur Herstellung der Hartbleiformen werden Bronzematrizen verwendet. Hartbleiformen werden entweder im Gießapparat, oder direkt auf das Bild abgegossen. Der Gießapparat ist ein eiserner Kasten, der genau auf die Platte paßt, die die Matrize trägt. Das Hartblei wird durch eine Trichteröffnung von oben in den vorgewärmten Kasten gegossen. Beim Gießen muß natürlich dafür gesorgt werden, daß die Luft aus den Vertiefungen des Modells überall gut entweicht. Man gibt zu diesem Zwecke dem Kasten eine leichte

Neigung und sorgt für das vollständige Entweichen der Luft durch eine zweite Öffnung am oberen Teil des Kastens. Die beiden Gießzapfen werden nach dem Öffnen der erkalteten Formen abgehauen. Anstatt im Gießapparat, kann man auch direkt aufs Bild gießen. In diesem Falle wird die Matrize in einem über ihre Fläche hervorragenden Rahmen eingefast und bis zum oberen Rand des Rahmens vollgegossen. Im Gießapparat kann man ohne weiteres dafür sorgen, daß alle Formen, einerlei auf welchem Modell sie abgegossen sind, dieselbe Höhe erhalten, dagegen muß man bei direkt auf das Bild gegossenen Formen die obere Gieß-

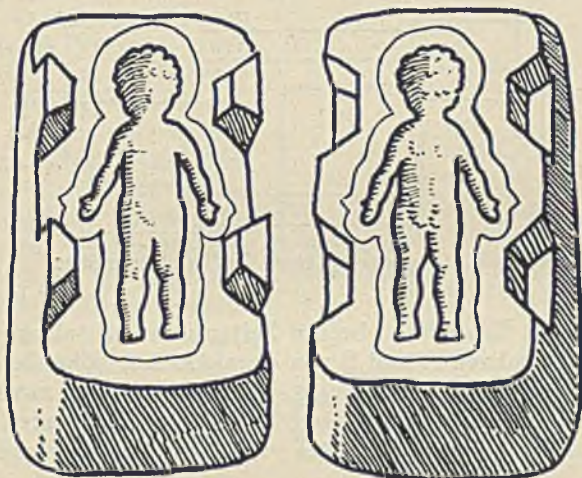


Abb. 684. Hartblei-Figurenvulkanisierform

fläche auf der Drehbank oder Schoppingmaschine bearbeiten, um dasselbe Ziel zu erreichen. Jedenfalls muß man bei dieser Art von Gießen durch Nachhobeln der oberen Gießflächen für eine ebene Grenzfläche sorgen.

Gute Hartbleiformen halten 50 bis 100 Vulkanisationen aus. Dann sind sie wegen Verzerrungen der hervorspringenden Teile nicht mehr brauchbar und kehren in die Schmelze zurück.

Die derzeit üblichen Formen sind zweiteilig und es wird gewöhnlich zur Herstellung eines jeden Stückes eine besondere Form verwendet. Abb. 684 veranschaulicht die zur Herstellung einer Puppenfigur verwendete zweiteilige Form aus Hartblei.

4. Vulkanisieren

Zur Vulkanisation werden nebst Etagenpressen und Kesselpressen meistens Vulkanisierkessel verwendet. Bei der Kesselvulkanisation werden die Formen zwischen Platten gelegt, die mit Rippen verstärkt sind und durch Schrauben zusammengehalten werden. Es bilden sich derart Blöcke, deren Länge 600 bis 650 mm, Breite 400 bis 500 mm und Höhe etwa 500 mm beträgt.

In größeren Betrieben wird man dafür sorgen, daß eine genügende Anzahl von Kesseln vorhanden ist, damit eine jede Arbeitergruppe ständig Beschäftigung finden kann. Die Kessel werden nebeneinander oder zweckmäßig einander gegenüber aufgestellt. Eine Vulkanisieranlage, bestehend aus zwei größeren einander gegenüberliegenden Kesseln, wie sie allgemein gebräuchlich sind, ist von Hill⁶ beschrieben (siehe Abb. 685). Die Vulkanisieranlage besteht aus zwei größeren, einander gegenüberliegenden Kesseln 1 und 2, vor jedem Kessel befinden sich zwei auf Schienen seitlich verschiebbare Blöcke 1 A, 1 B und 2 A, 2 B,

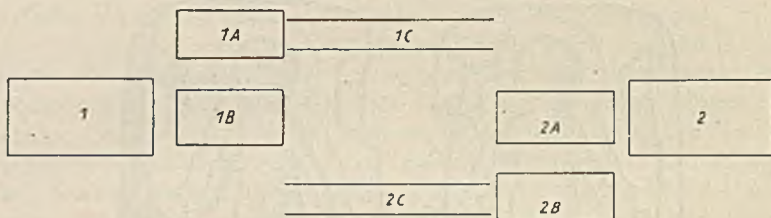


Abb. 685. Anordnung eines Vulkanisierraumes

2 B. Zwischen den Kesseln, zu beiden Seiten ihrer Mittelachse, befinden sich zwei Arbeitsbahnen A und B von etwa 700 mm Höhe, ihre Länge ist von der Größe der Kessel abhängig. Sie bestehen aus zwei etwa 300 bis 400 mm voneinander entfernten, auf Stützen ruhenden Schienen. Über jeder dieser Bahnen hängen an einer Laufschiene fahrbare Flaschenzüge.

Es wird folgende Arbeitsweise beobachtet: Kessel 1 wird geöffnet, der im Kessel eben der Vulkanisation unterworfenen Wagen auf seinen Bock 1 A gezogen. Dieser Bock wird mittels Winde vor das Gestell A gezogen, dadurch wird der an denselben angekoppelte Bock 1 B mit dem auf ihm befindlichen beschickten Wagen vor den Kessel 1 gezogen und der Wagen in diesen hineingeschoben. Während der Kessel geschlossen wird, kühlt ein aus einem Röhrensystem niedergehender Regen die Formstapel des Wagens 1 A intensiv ab. Dann werden die Formblöcke von den Flaschenzügen gefaßt und auf dem Schienengestell C in Abständen von etwa $\frac{3}{4}$ Meter niedergelegt. Hier werden die Formen geöffnet, entleert, sofort neu gefüllt und gleichzeitig aufgestapelt. Den neuen Formblock bringt der Flaschenzug auf den Wagen. Inzwischen ist die Vulkanisation von dem zum Block 1 B gehörenden Wagen beendet, er wird vor die Arbeitsbahn B gezogen, wobei 1 A wieder vor den Kessel zu stehen kommt und der Wagen hineingefahren werden kann. Dann wird nach dem Abkühlen 1 B auf die Bahn B abgeladen. So pendelt die Arbeit hin und her. Mit dem Kessel 2 und den dazugehörigen Wagen wird ebenso verfahren. Die Zeiten müssen derart abgestimmt sein, daß beide Bahnen immer besetzt sind.

⁶ Gummi-Ztg. 32 (1932) S. 1062

Das Abduschen kann zweckmäßig durch Abkühlen in mit Wasser gefüllten Gruben vorgenommen werden, wodurch diese Arbeitsphase bedeutend gekürzt wird.

In Kesselpressen gestaltet sich das Arbeiten einfacher als in Kesseln. Die Formen werden bei dieser Vulkanisationsart auf dem Preßtisch des Kessels aufgestapelt und durch den Druck des Tisches gegen den Preßkopf zusammengehalten. Eine jede Kesselpresse kann hierzu verwendet werden, nach W e r n e r ⁷ scheinen jedoch zu diesem Zwecke mit Hauben versehene Pressen (siehe Abb. 686) am geeignetsten zu sein. Bei diesen Pressen werden die Formen bei gehobener Haube auf dem Preßtisch aufgestapelt, sodann der Druckkolben hoch (siehe Abb. 546) bzw. nach unten gefahren, so daß im Gegensatz zu den gebräuchlichsten Kesselpressen, die Formen bis zum Einstellen des vollständigen Druckes sichtbar sind und ihr richtiges Schließen beobachtet werden kann. Endlich wird die Haube heruntergelassen und an der unteren Platte der Presse befestigt, worauf die Vulkanisation begonnen werden kann. Auch bei diesen Kesseln wird zweckmäßig dafür gesorgt, daß während der Vulkanisation eine Anzahl von Formen für die nächste Vulkanisation vorbereitet und neben der Presse derart aufgestapelt werden, daß nach dem Entleeren das neue Beschicken der Presse ohne Zeitverlust stattfinden kann. In bezug auf Größe wird man sich den jeweiligen Verhältnissen anpassen müssen.

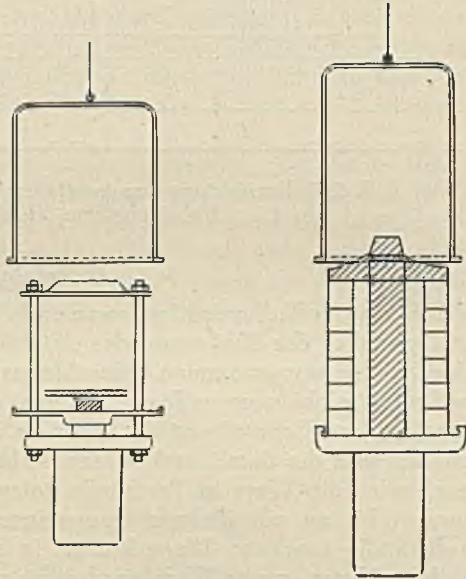


Abb. 686. Haubenkesselpresse

Alle bisher beschriebenen Vulkanisationsanlagen sind mit dem Fehler behaftet, daß sie nur diskontinuierliche Arbeit leisten. Es fehlt nicht an Vorschlägen, die Vorteile der Bandarbeit auch für die Gummispielwarenindustrie nutzbar zu machen.

Ganz besonders geeignet für die Herstellung von Spielwaren in Formen erscheint die im D. R. P. 534 028 beschriebene Vorrichtung zur induktiven elektrischen Beheizung von Vulkanisierformen durch ein magnetisches Wechselfeld. Die in Abb. 687 dargestellte Vorrichtung besteht aus einem an beiden Enden mit Ein- bzw. Austrittsöffnungen für die Vulkanisierformen versehenem Solenoid, das mit einer in der Achsrichtung des Solenoids wirkenden Fördervorrichtung für die Vulkanisierformen aus-

⁷ Gummi-Ztg. 25 (1930) S. 1310

gerüstet ist. Um die bei der Herstellung von getriebenen Hohlkörpern besonders wichtige allmähliche Steigerung der Vulkanisationstemperatur erreichen zu können, werden mehrere magnetische Wechselfelder verschiedener Stärke hintereinander angeordnet. Die gut und fest schließbaren Formen bestehen aus Eisen. Es können aber auch mit Eisenplatten verbundene Formen aus anderem Material verwendet werden.

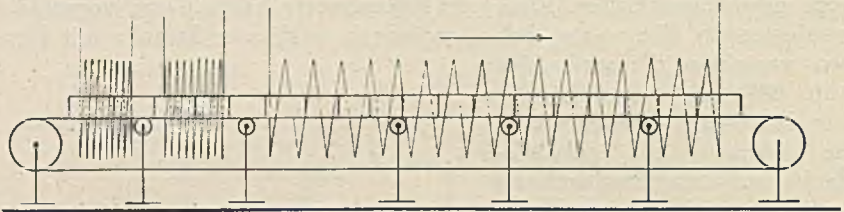


Abb. 687. Vorrichtung zur kontinuierlichen induktiven, elektrischen Beheizung von Vulkanisierformen

5. Reinigen

Die aus der Vulkanisation kommende Ware wird aufgestochen, sortiert, und nachher das Entfernen des Austriebs, — soweit vorhanden — mit der Schere vorgenommen. Maschinenarbeit ist zu diesem Zwecke gewöhnlich nicht verwendbar. Bei den einfacheren Figuren kann durch sorgfältigere Bearbeitung der Formen die Gratbildung weitgehend vermieden und die damit verbundene Arbeit teilweise erspart werden. Danach wird die Ware in Trommeln getrocknet. Sodann werden die eventuellen Falten mit dickem Gummizement bedeckt bzw. verkittet. Die vollständig trockene Ware kommt in die Malerei. Bei der Herstellung gleichmäßiger grauer Ware wird diese vor der Ausbesserungsarbeit noch in Scheuertrommeln mit nassem Sand und Kreide bzw. grober Kreide behandelt. Die Kreide haftet mehr oder weniger an der gescheuerten Figur. Das Haften wird durch den während des Lagerns ausblühenden Schwefel günstig beeinflusst, wobei jedoch die weißgraue Farbe der ursprünglichen Ware in eine gelblichweiße übergeht.

6. Bemalen

Das Bemalen wird entweder nur stellenweise, z. B. bei der oben erwähnten grauen Ware, ausgeführt, oder die ganze Ware wird gleichmäßig rot emailliert (rote Ware), schließlich kann ein mehr oder weniger vollständiges Bemalen — meistens in verschiedenen Farben — stattfinden. Zu all diesen Zwecken werden Lacke oder besser Gummilösungen verwendet, die durch Auflösen von farbigen Gummimischungen hergestellt werden. Die Gummilösung besteht gewöhnlich aus bestem Gummi, dem ein oder mehrere feinverteilte nichtgiftige Farbstoffe zugemischt worden sind; als Lösungsmittel wird Benzin oder Benzol verwendet. Um einen gleichmäßigen Überzug, wie bei Erzeugung der »roten Ware« zu erhalten, wird die Lösung mäßig konzentriert gewählt und ein

mehrmaliges Eintauchen der Ware vorgenommen. Das Tauchen geschieht entweder einzeln, oder mit geeigneter maschineller Vorrichtung. Im allgemeinen wird zwei- bis dreimal getaucht. Nach dem zweiten und dritten Tauchen und entsprechender Trocknung wird die Gummifarbschicht nach bekannter Methode in Schwefelchlorürdampf vulkanisiert. Die auf diese Weise hergestellte Ware besitzt einen ziemlich hohen Glanz. Wenn aber eine matte Ware angestrebt wird, was meistens der Fall ist, so muß dieser Glanz z. B. durch Behandlung in einer Chlorkalklösung oder freiem Chlor, oder durch Dampfbehandlung der noch nicht vulkanisierten Farbschicht beseitigt werden. Die Gleichmäßigkeit und Schönheit der Emaillierung benötigt sorgfältiges Arbeiten und ständige Überwachung. Wegen der nicht zu unterschätzenden Giftigkeit und Feuergefahr der Lösungsmitteldämpfe muß außerdem für die gute Lüftung des Malraumes gesorgt werden.

Das stellenweise Bemalen der Spielwaren geschieht gewöhnlich durch Handarbeit mit Hilfe von Pinseln, kann aber auch mit der Spritzpistole ausgeführt werden. Bei Herstellung farbiger Ware wird meistens Handarbeit mit Hilfe von Pinseln verwendet. Man kann aber auch mit der Spritzpistole schöne Effekte erzielen. Diese Methode ist aber mit dem Nachteil behaftet, daß man vielfach — besonders bei Puppen — nicht die nötige Schärfenabgrenzung der einzelnen bemalten Teile voneinander erreichen und auch nur verhältnismäßig dünne Schichten von ungenügendem Glanz auftragen kann. Die Farbschichten müssen stets elastisch und haltbar sein, was nur durch sorgfältigste Auswahl der Rohstoffe und entsprechende Bearbeitung erzielt werden kann.

III. Aufblasbare Spielzeuge *

Definition der Aufblasespielzeuge

Die aufblasbaren Spielzeuge sind aus dünnen, ebenen Kautschukplatten durch Klebnähte zusammengefügte Hohlkörper, die ohne Formen vulkanisiert werden, entlüftet flach aufliegen und nur durch Füllen mit Luft in ihre endgültige Spielzeugform gebracht werden. Die guten Fabrikate der aufblasbaren Spielzeuge sind gekennzeichnet durch die fehlerlosen, den atmosphärischen Einwirkungen und dem Lichte gegenüber widerstandsfähig dünnen Platten, durch starke Kleb- oder Stanznähte, vorteilhafte Form gebende Konstruktion, durch Luftdichtigkeit, leichtes Aufblasen und rasche Entlüftbarkeit.

Physikalische und chemische Eigenschaften der bildenden Kautschukplatten

Aufblasbare Gummispielwaren werden kalt oder warm vulkanisiert erzeugt. Die Anforderungen an die Mischungen sind demzufolge recht hoch, denn sie müssen fehlerloses Plattenziehen, gute Klebnähte und gute Klebefähigkeit bei geringer Empfindlichkeit gegen Licht gewährleisten. Als Mischungsbeispiele mögen die Resultate der Analysen

* Von Dr. Stefan Dorogi, Albertfalva

dienen, die von guten aufblasbaren Gummispielzeugen verschiedener Herkunft gemacht wurden (Tabelle 1 und 2).

Tabelle 1
Analysen kaltvulkanisierter Mischungen

Herkunft		%									
		Kautschuk und org. Farbstoff	Aceton lösliches	Versäi- bares	Magnesium- oxyd	Kreide	Titan- oxyd	Lithopone	Kaolin	Löslichkeit der org. Farb.	Einstaubemittel
a	Puppenfigur Amerika	82,5	3,6	3,1		2,2		8,6			Stärke
b	Tierfigur Deutschland	71,2	4,5	6,8		1,5		10,2	5,8		Stärke
c	Aufblaseball Japan	51,8	2,8	13,6		4,8		9,8	6,2	Benzol färbt ab	Magnes. carbon.
d	Puppe in Holland verkauft, Provenienz unbekannt	76,1	3,1	8,2	0,5	7,5	2,5	4,1			Stärke

Tabelle 2
Analysen warmvulkanisierter Mischungen

Herkunft		%									
		Kautschuk und org. Farbstoff	Aceton lösliches	Versäi- bares	Magnesium- oxyd	Titan- oxyd	Lithopone	Kaolin	Zinkoxyd	Schwefel	Löslichkeit der org. Farbstoffe	Kreide
e	Strandspielzeug Amerika	75,6	2,8	1,6		8,1		1,1	6,4	3,4	
f	Aufblaseball Deutschland	71,5	2,1	10,6	0,4				7,3	3,3	4,8
g	Tierfigur Japan	76,2	1,8	3,1			11,7		3,1	4,1	
h	Football England	66,8	2,3	0,6	1,2			25,5	3,6		

Die physikalischen Konstanten, wie spezifisches Gewicht, Reißfestigkeit, Dehnbarkeit und Alterung der oben angeführten Mischungen sind aus der Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle 3
Physikalische Konstanten

Herkunft		Spez. gew.	Reißfestigkeit kg/mm ²	Dehnbarkeit 0/0	Alterung nach Geer						Uviol-Bestrahlung						
					4 Tage		8 Tage		12 Tage		2 Stunden		8 Stunden		10 Stunden		
					Reißfestigk. kg/mm ²	Dehnbarkeit 0/0	Reißfestigk. kg/mm ²	Dehnbarkeit 0/0	Reißfestigk. kg/mm ²	Dehnbarkeit 0/0	Reißfestigk. kg/mm ²	Dehnbarkeit 0/0	Reißfestigk. kg/mm ²	Dehnbarkeit 0/0	Reißfestigk. kg/mm ²	Dehnbarkeit 0/0	
Kaltvulkanisierte Fabrikate:	a	Puppenfigur Amerika	1,15	0,75	480	0,42	390	—	310	—	210	0,75	480	0,70	455	0,62	370
	b	Tierfigur Deutschland	1,22	0,68	510	0,39	400	—	330	—	260	0,68	510	0,60	490	0,49	395
	c	Aufblaseball Japan	1,20	0,42	330	—	220	—	160	—	90	0,42	330	0,36	290	0,27	230
	d	Puppe in Holland verkauft, Provenienz unbekannt	1,10	0,90	510	0,52	450	—	380	—	290	0,90	510	0,86	450	0,75	400
Warmvulkanisierte Fabrikate:	e	Strandspielzeug Amerika	1,25	1,28	610	—	—	0,76	450	0,56	420	—	—	1,18	600	1,18	600
	f	Aufblaseball Deutschland	1,16	1,10	620	—	—	1,05	530	0,88	460	—	—	—	—	—	—
	g	Tierfigur Japan	1,20	1,35	635	—	—	0,93	600	0,70	540	—	—	—	—	—	—
	h	Football England	1,28	1,01	540	1,10	560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Weder die Ergebnisse der Analysen, noch die physikalischen Konstanten ergeben ein einheitliches Bild über die verwendeten Mischungen. Die Zuverlässigkeit der aus solchen Mischungen gewonnenen Waren ist in erster Linie eine Funktion der Reißfestigkeit, und diese bewegt sich bei kaltvulkanisierter Ware zwischen 0,6 und 0,9 kg per mm², bei warmvulkanisierter Ware zwischen 0,9 und 1,35 kg per mm². Die warmvulkanisierten Waren sind also den kaltvulkanisierten stark überlegen. Zur geringen Reißfestigkeit gesellt sich bei der kaltvulkanisierten Ware die allzu rasche Alterung, die auch die Lagerfähigkeit derartiger Waren sehr ungünstig beeinflusst. Trotzdem werden vielseitig kaltvulkanisierte aufblasbare Gummispielwaren hergestellt, was eine Begründung in den leuchtenden Farben, in der einfachen Fabrikation, in den relativ guten Nähten und in dem einfachen Handhaben der zur Erzeugung verwendeten Platten findet.

Ein weiterer gewisser Vorteil ist in der relativ großen Dehnbarkeit bei geringer Kraftaufnahme für die kaltvulkanisierten Waren zu verzeichnen, weil dadurch die Nähte besser halten.

Die Nähte

Neben Fehlerlosigkeit der gezogenen Platten ist die Widerstandsfähigkeit und Haltbarkeit der Nähte ein Hauptfordernis des guten Fabrikates. Gummiwaren, deren Bestandteile durch Nähte zusammengehalten werden, weisen immer an den Nahtstellen die geringste Widerstandskraft auf. Als Idealzustand könnte man ansehen, wenn die Naht dieselbe Reißfestigkeit aufweisen würde, wie die durch sie zusammengehaltenen Grundplatten. Die Haltbarkeit der Nähte ist eine Funktion der Flächengröße der zusammengefügtten Plattenteile. Die Naht kann zusammengefügt werden durch Überkleben von Verstärkungsstreifen oder auch durch Überlappen. Diese Methoden eignen sich jedoch nicht zur Massenerzeugung. Die Massenproduktion erfordert Methoden, die in kürzester Zeit gute, haltbare Nähte liefern, und dies kann nur in der verschweißenen Stanzmethode gefunden werden.

Nach dem jetzigen Stande der Technik können die Nähte wie folgt eingeteilt werden:

a) Klebnähte

1. **Überlappungsnaht** als die einfachste der Nahtart. Die Plattenteile sind in derselben Form, jedoch ungleichmäßig groß geschnitten. Der kleinere Ausschnitt wird so auf den größeren gelegt, daß der letztere am Rande gleichmäßig hervorsteht. Diese hervorstehende Fläche wird nun mit Gummilösung bestrichen, ebenso der Rand des kleineren Ausschnittes, und nach mäßigem Trocknen wird der vorstehende Streifen durch Auflappen aufgeklebt (Abb. 688).

2. **Bandverstärkte Naht.** Die zu verklebenden gleich groß ausgeschnittenen Teile werden am Rand in der Breite des aufzuklebenden Verstärkungsstreifens mit Gummilösung bestrichen und nach mäßigem Trocknen mit den ebenfalls mit Gummilösung bestrichenen Streifen besetzt (Abbildung 689).

3. Die überlappte Bandnaht (E. P. 317 461*⁸.)

Die zu verklebenden Plattenteile sind gleich groß ausgeschnitten, auf der inneren Seite der Teile werden durch Abdeckung mit einer Schablone die freien Ränder in der Breite der ganzen herzustellenden Überlappungsnaht mit Gummilösung zusammengefügt und über den Rand auf einer der Plattenseiten gelappt (Abb. 690). Es kann auch nach D. R. P. 491 723* mit ungepuderten Plattenausschnitten gearbeitet werden, mit Hilfe einer mit einer Hartpuderschicht bezogenen Blechschablone, über die die Plattenränder ohne Klebelösung zusammengeklebt und ohne Klebemittel zurückgelappt werden.

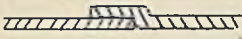


Abb. 688. Überlappungsnaht

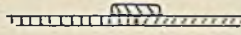


Abb. 689. Bandverstärkte Naht



Abb. 690. Überlappte Bandnaht

b) Preßnähte

Verschweißte Preßnaht durch stumpfes Preßwerkzeug mit gewissen Profilen hergestellt. Die Haltbarkeit dieser Nähte ist eine Funktion der Stanzmesserform. Es können verschiedene gerade und krumme, vorteilhaft runde Preßprofile verwendet werden. Das Optimum des Krümmungsgrades liegt jedoch bei 75° . Das Verstanzen der einzelnen Plattenteile erfolgt durch ein sehr intensives Aneinanderdrücken der zu vereinigenen Teile, bei gleichzeitigem Abpressen des Überflusses, wobei die aneinandergepreßten Plattenteile in ihrer Berührungsfläche keine Vermischung der beiden Plattenmaterialien, sondern nur ein Zusammenkleben aufweisen, was durch die Vereinigung von verschiedenfarbigen Platten demostriert werden kann.

Die Form des Preßgrades ist bedingt durch die Profilform des Preßwerkzeuges, wie aus folgenden Beispielen ersichtlich:



Abb. 691. Produkt mit Rundformstanze

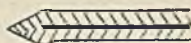


Abb. 692. Produkt mit schräger Flachstanze

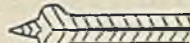


Abb. 693. Produkt mit Profilhohlstanze



Abb. 694. Unsymmetrisch verstanzte Wulst

Laut Abb. 691. Produkt mit stumpfer Rundformstanze hergestellt.

Laut Abb. 692. Produkt mit schräger Flachstanze hergestellt.

Laut Abb. 693. Produkt mit Profilhohlstanze hergestellt.

Eine richtig hergestellte Stanznaht ist überall gleichmäßig stark und die zusammengeschweißten Blattränder bilden im Durchschnitt eine annähernd symmetrische Wulst. Wenn die Wulst unsymmetrisch ausfällt, etwa wie in Abb. 694, so ist das Aufgehen der Schweißnähte unvermeidlich.

⁸ Die mit * bezeichneten Patente schützen die grundlegenden Arbeiten des Verfassers dieses Abschnittes. (Anm. des Herausgebers)

Haltbarkeit der Nähte

Die Haltbarkeit der Nähte wird durch Vergleich mit der Reißfestigkeit des Grundplattenmaterials ausgedrückt; eine Platte mit Nahtstelle wird bis zum Reißen gedehnt und die hierzu nötige Belastung wird mit der Grundplatten-Reißfestigkeitsbelastung in Verhältnis gestellt. So ergibt sich bei kaltvulkanisierten Fabrikaten, daß die Nahtreißfestigkeit bis 65% und bei warmvulkanisierten mit aktiven Streumitteln (laut Schwed. P. 70 564*) hergestellten Fabrikaten bis 95% der Grundplatten-Reißfestigkeit als Optimum beträgt. Mit inerten Streumitteln hergestellte warmvulkanisierte Nähte ertragen nur etwa 30% der Belastung der Grundplatten-Reißfestigkeit und sind somit praktisch unbrauchbar.



Abb. 695. Naht diagonal zu gekrümmter Fläche (außen)



Abb. 696. Naht diagonal zu ebener Fläche



Abb. 697. Naht diagonal zu gekrümmter Fläche (innen)

Zur Beurteilung der gestanzten Nähte ist die Art der Beanspruchung von Wichtigkeit. Am haltbarsten sind die Nähte, wenn sie diagonal zu einer krummen Fläche verlaufen und nach außen gelagert sind (Abbildung 695). Weniger haltbar sind sie diagonal zu einer ebenen Fläche gelegen (Abb. 696) und am wenigsten halten sie, wenn sie diagonal zu einer krummen Fläche nach innen gerichtet sind (Abb. 697). Der Unterschied der nach innen und außen gekehrten Nähte beträgt im Verhältnis zu derselben Fläche bis 18%.

Preßbandnaht

Um ein Optimum der Nahtfestigkeit zu erzielen, sollen die Ränder der zu verschweißenden Platten auf einer möglichst breiten Fläche miteinander verbunden werden. Die so entstehende Naht wird Bandnaht genannt (Ö. P. 125 784*), wobei eine gewisse Breite dieses Bandes zum Erzielen des Optimums unerlässlich ist. Es hat sich praktisch ergeben, daß die Breite der Naht größer sein soll als die Gesamtstärke der Platten. Die Stärke der Nahtstelle wird dagegen infolge des zur Nahtbildung verwendeten Druckes geringer sein als die Gesamtstärke der die Naht bildenden Platten. Die Bandnähte kommen hauptsächlich in folgenden Ausführungen vor:

1. Einfache Bandnaht aus zwei Platten (Abb. 698).
2. Verstärkte Bandnaht mit einem Verstärkungsbandnahtteil (Abb. 699).
3. Profilierte Bandnaht aus einfacher oder verstärkter Bandausführung (Abb. 700).
4. Überlappte Bandnaht, deren Bandteil auf einer der Grundplatten gelappt ist (Abb. 701).



Abb. 698. Einfache
Bandnaht

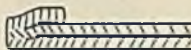


Abb. 699. Verstärkte
Bandnaht



Abb. 700. Profilierte
Bandnaht

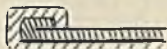


Abb. 701. Überlappte
Bandnaht

Die Bandnähte werden hauptsächlich in warmvulkanisierter Ausführung hergestellt und haben sich praktisch als die besten Schweißnähte zum Zusammenhalten von Hohlkörpern erwiesen; sie halten in guter Ausführung eine größere Belastung aus, als zum Reißen der Grundplatten nötig ist.

Herstellung der Nähte

1. **Durch Handbetrieb.** Aufblasbare Spielzeuge mit von Hand geklebten Nähten werden zuerst durch Vorzeichnen und Ausschneiden der Grundplatten, am besten mit erhitzten Werkzeugen, dann durch Einstreichen der Ausschnittsänder mit Kautschuklösung und Vereinigen derselben auf die gewünschte Nahtart hergestellt. Zur Massenfabrikation derartiger Hohlkörper werden geformte Stanzmesser mit scharfer Schneide verwendet. Die zu verarbeitende Platte wird auf eine entsprechende Unterlage, die das Ausstanzen ermöglicht, einzeln oder in mehreren Schichten aufgelegt und durch eine Stanzvorrichtung, wie etwa eine Momentpresse oder ähnliches, durchgestanzt.

2. **Durch Schweiß-Stanzwerkzeuge.** Zur Herstellung der Preßnähte dienen stumpfe Werkzeuge in der Form der herzustellenden Figuren mit einer entsprechenden Grundplatte, da das Verschweißen von Kautschukplatten selbstverständlich die Funktion zweier Werkzeuge fordert; wovon gewöhnlich nur eines profiliert ist. Die Werkzeuge müssen aus bestem Stahl hergestellt werden, da sie einer sehr starken und sehr oft wiederholten Beanspruchung ausgesetzt sind.

Gewöhnlich ist die Grundplatte etwas weicher und so der Abnutzung mehr ausgesetzt als das Stanzwerkzeug, weil von den beiden die Platte eine einfachere und billigere Werkzeugform darstellt.

Das verschweißende Zusammenpressen und gleichzeitige Ausschneiden der Kautschukblattpaare ist durch eine entsprechende Gratausbildung der Schneidewerkzeuge möglich, die mit einem bestimmten Neigungsgrad die rohen Kautschukplatten verschweißend zusammenpreßt (Abb. 702).

Das Optimum dieser Neigung ist 75° zur Preßrichtung. Die pressenden Gratflächen müssen auch bei der niedrigsten Preßlage etwas über die zusammenzupressenden Kautschuklagen hinausragen. Folgende pressende Gratausführungen sind üblich:



Abb. 702. Wirkung des Preß-Stanzwerkzeuges



Abb. 703. Krummliniger Preßgrat

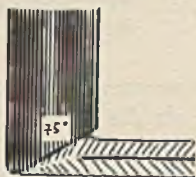


Abb. 704. Schräger Flachpreßgrat



Abb. 705. Profilierter Hohlpreßgrat

Krummliniger Preßgrat (Abb. 703),
 schräger Flach-Preßgrat (Abb. 704)
 und profilierter Hohlpreßgrat (Abb. 705).

Um gute Nähte zu gewinnen, sollen die Preßwerkzeuge warm angewendet und zu diesem Zwecke einzeln oder beide zweckentsprechend erhitzt werden.

Stahldraht als Werkzeug

Stahldrähte mit Durchmesser, die der optimalen Nachbildung der zu verarbeitenden Plattenstärken entsprechen und genügend hart sind, können zur billigen Herstellung von Preß-Stanzwerkzeugen (Ö. P. 108 723*) benutzt werden. Stahldrahtwerkzeuge eignen sich wegen ihrer geringen Höhe, laut dem angeführten Patent, als Spezialwerkzeug zum Verschweißen von Blattpaaren, indem sie zwischen eine Grund- und Deckpreßplatte gelegt, doppelt wirken und so gleichzeitig Blattpaare zu zwei einzelnen oder zu einem komplizierten Hohlkörper vereinigen (Abb. 706).

Bandnahtwerkzeug

Bandnahtwerkzeug ist die Kombination von einem flachen Preßteil und einem Messer, das die zu verschweißenden Blattränder zu einem bandartigen Gebilde innigst vereinigt und gleichzeitig auf endgültige Form ausschneidet.

Die einfachste Ausführung laut D. R. P. 521 663* ist demnach eine Profilhohlstanze mit quadratischem Querschnitt (Abb. 707).

Diese Ausführung bildet jedoch ein starres System, das beim Auspressen von Bandnähten größerer Figuren infolge der kleinen Unebenheiten der stählernen Grundplatten nur eine verminderte Sicherheit des Preßgrades ergibt. Dieser Mangel wird durch das D. R. P. 505 957* be-

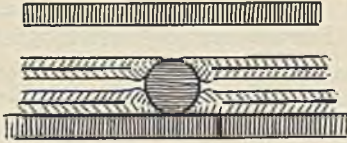


Abb. 706. Stahldraht als Stanze

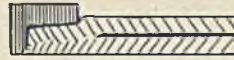


Abb. 707. Bandnaht-Werkzeug mit fixem Schneideteil

hoben, laut dessen die Preßteile und Schneideteile der Werkzeuge ineinandergefügt und voneinander unabhängig beweglich sind und so die Unebenheiten und andere störende Momente ausgleichen (Abb. 708). Es können die angeführten Werkzeuge als doppelwirkend, wie bei den Stahldrahtwerkzeugen beschrieben, verwendet werden (Abb. 709).



Abb. 708. Bandnaht-Werkzeug mit beweglichem Schneideteil

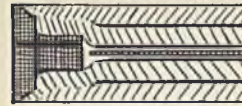


Abb. 709. Doppelwirkendes Bandnahtwerkzeug

Konstruktion der aufblasbaren Spielzeuge

Aufblasbare Spielzeuge sind aus flachen dünnen Kautschukplatten gebildete Hohlkörper, die an ihren Rändern oder zweckentsprechend auch innerhalb der Randmarkierung durch Nähte zusammengehalten sind und im schlaffen Zustande flach aufliegen. Um die Nutzform zu erhalten, werden dieselben mit Luft gefüllt. Durch den inneren Druck gewinnen sie die endgültige Form und erhalten die nötige Stabilität. Die Formelastizität und Dehnbarkeit der Kautschukplatten ermöglichen, daß die im schlaffen Zustande ebenen Platten durch den inneren Druck eine durch den Zuschnitt bedingte Figurenform annehmen. Immerhin spielt die Zahl der zur Hohlkörperformung verwendeten Platten bei der endgültigen Formaufnahme die größte Rolle, da aus zwei Platten gebildete Hohlkörper aus sehr einfachen statischen Gründen niemals eine Zylinderform, sondern nur eine Linsenform annehmen und erst bei Einschaltung einer dritten Platte dieser Nachteil einigermaßen behoben wird. Aus diesen Erwägungen ergibt sich, daß der innere Druck auf die Oberfläche des aufgeblasenen Hohlkörpers nicht gleichmäßig wirkt und diese ungleichmäßige Beanspruchung die Kautschukgrundplatte verschieden verjüngt. Obwohl die Nähte den Gesamtwiderstand des Hohlkörpers schwächen, ist die Anwendung der durch weitere Nähte eingefügten Ein-

lagen doch von Vorteil, weil die zusätzlichen Nähte den Druck besser verteilen helfen.

Spielwaren aus zwei Platten

Diese sind die Urform der aufblasbaren Hohlkörper und haben, weil sie nur sehr beschränkte Möglichkeit ergeben, heute in ihrer einfachen Form nur wenig Bedeutung. Zu erwähnen wären folgende Möglichkeiten:

1. Als nur an seinen Rändern zusammengehaltener Hohlkörper, dessen Durchschnitt eine dicke Linsenform ist und dessen Glieder eine gewisse Starrheit und die ganze Ausführung eine Plumpheit aufweist (Abb. 710).

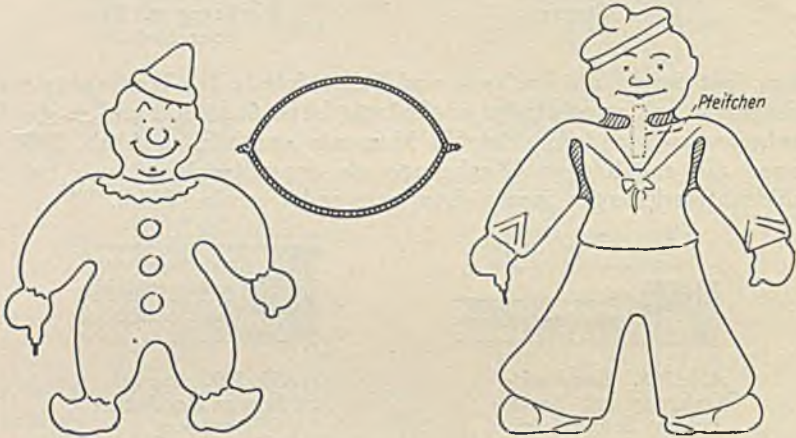


Abb. 710. Zweiplatten-Hohlkörper

Abb. 711. Zweiplatten-Hohlkörper mit inneren Nähten

2. An seinen Rändern und teilweise auch innerhalb der Randmarkierung durch Nähte zusammengehaltener und so im Innenraum in mehrere Kammern aufgeteilter Hohlkörper (Abb. 711). Dieser hat noch immer einen linsenförmigen Querschnitt. Durch die Nähte innerhalb der Randmarkierung verlieren die Glieder ihre Starrheit; die entstehenden luftgefüllten Hohlräume ergeben die Möglichkeit, Pfeifchen u. dgl. einzubauen.

Spielwaren aus drei Platten

Durch die Einfügung der dritten Platte wird die Form vorteilhaft beeinflusst. Auch können dadurch die Extremitäten aus der Ebene heraustreten und zueinander in einem gewissen Winkel, der durch die Einfügung der dritten Platte bestimmt ist, stehen. Es ergeben sich folgende Ausführungsmöglichkeiten:

1. Nur an seinen Rändern durch Nähte zusammengehaltener Hohlkörper aus drei Platten, wobei eine Platte gefaltet zwischen zwei Deckplatten eingelegt wird (A. P. 1 625 394 von F. P. Roberts, Abb. 712).

Nachteilig ist bei dieser Konstruktion, daß im luftgefüllten Zustande die gefaltet eingelegte Platte sich zu ebnen strebt und dadurch die mit seiner Hilfe gebildeten Extremitäten zueinander nicht, wie natürlich wäre, parallel, sondern im Winkel stehen.

2. Nur an seinen Rändern durch Nähte zusammengehaltener Hohlkörper aus drei Platten, wobei eine Platte zu einem ösenartigen Ringkörper ausgebildet zwischen die zwei äußeren Platten als Einlagekörper mit wechselnden breiten Seiten eingelegt wird. E. P. 318 336 der Hungarian Rubber Goods. Fact. und Lewis Kelemen und Zoltan Keleti (Abb. 713).

3. An seinen Rändern und auch innerhalb der Randmarkierung durch Nähte zusammengehaltener Hohlkörper, bei dem zwischen zwei Platten eine dritte Platte gefaltet eingelegt wird. Ö. P. 131 149*. Die innerhalb der Ränder angewandten Nähte und die dadurch entstandenen Hohlräume beeinflussen vorteilhaft die Formgebung (Abbildung 714).

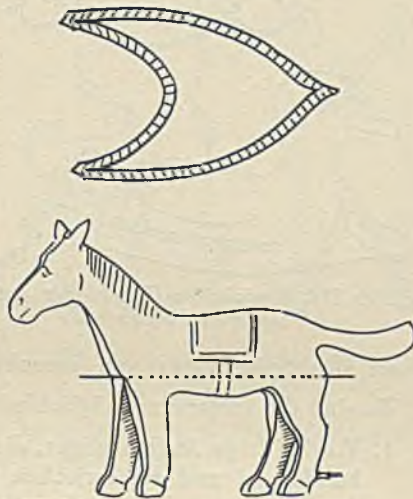


Abb. 712. Dreiplatten-Hohlkörper nach F. P. Roberts

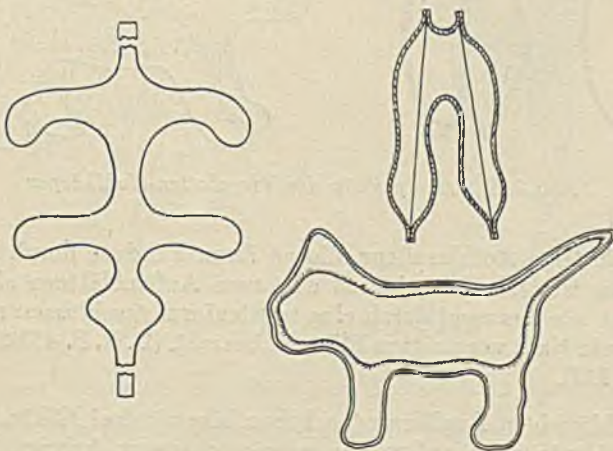


Abb. 713. Dreiplatten-Hohlkörper mit Ösenkörper-Einlage der Ung. Gummiwarenfabrik

Spielwaren aus vier Platten

Um den beim Aufblasen entstehenden Rundungsmangel möglichst zu beseitigen, werden Hohlkörper aus vier Platten hergestellt. Der Grund-

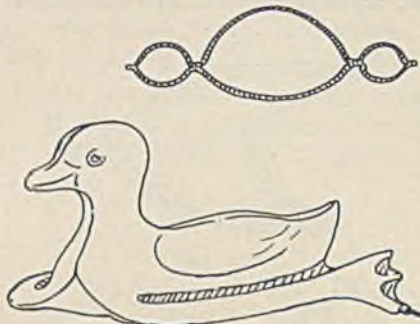


Abb. 714. Dreiplatten-Hohlkörper mit inneren Nähten

gedanke hierbei ist: Nachformung des symmetrischen Prinzipes der Natur. Dies wird durch zweckmäßiges Vereinigen von zwei Grundhohlkörpern aus je zwei Blättern erzielt, indem jene Teile der nach innen gekehrten Platten der beiden zweiblättrigen Hohlkörper, die außerhalb der Vereinigungsfläche liegen, einen um die Konturen der Figur herumlaufenden Ring von wechselnder Breite bilden. Diese wechselnde Breite ist für die Nutz-

form des Spielzeuges von ausschlaggebender Wichtigkeit (Abb. 715).

Es sind die folgenden Möglichkeiten bekannt:

1. Vierblättrige Aufblasefigur, die an ihren Rändern durch Nähte verbunden ist und die zwischen die zwei äußeren Blätter eingelegte, durch krumme Naht geformte, aus zwei Blättern bestehende Einlagen besitzt (D. R. P. 452 805*, Abb. 716).

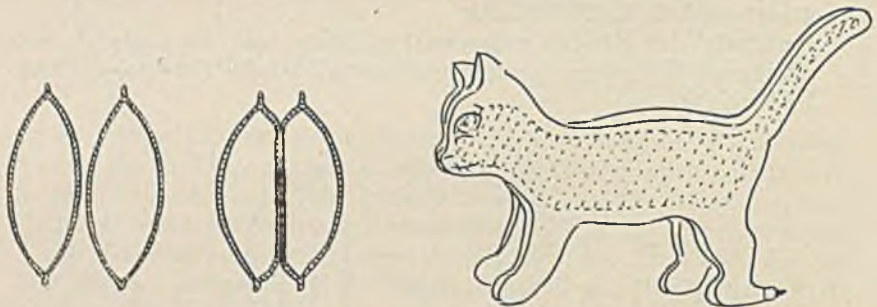


Abb. 715. Grundprinzip der Vierplatten-Hohlkörper

2. Vierblättrige Aufblasefigur, die an ihren Rändern durch Nähte verbunden ist und die zwischen den zwei Außenblättern eine Einlage besitzt, die aus zwei durch eine in Ringform geschlossenen rundherumlaufende Naht vereinigten Blättern besteht. (D. R. P. 452 512*, Abbildung 717).

Die vierblättrigen Ausführungen haben hiermit drei Nähte, von denen zwei ihre Grate nach außen und eine nach innen kehren. Diese sind durch eine große Naturähnlichkeit und eine sehr erhebliche Variationsmöglichkeit charakterisiert.

Spielwaren aus sechs Platten

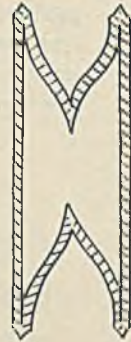
Sechsbältrige Aufblasefigur, die an ihren Rändern durch Nähte verbunden ist und die zwischen den zwei Außenblättern zwei Einlagen be-



Abb. 716. Vierplatten-Hohlkörper mit Ringteil als Einlage



Abb. 717. Vierplatten-Hohlkörper mit ringförmiger Einlage



sitzt, die aus je zwei durch Ringform herumlaufende Nähte vereinigten Blättern bestehen. (Ö. P. Anm. A. 5240-31, Abb. 718).



Abb. 718. Sechsplatten-Hohlkörper

Spielwaren aus mehreren zweiblättrigen Hohlkörpern zusammengesetzt

Um aus zwei Kautschukblättern hergestellte Figuren mit Extremitäten zu versehen, die nicht in derselben Ebene liegen, werden die einzelnen Bestandteile aus zwei Kautschukblättern durch Klebstanzen hergestellt und durch nachheriges Aufkleben auf endgültige Form gebracht.

Es gibt:

1. Aus zwei Blättern durch Klebstanzen hergestellte Spielfiguren, deren Extremitäten durch enge Schläuche mit dem Rumpf zusammenhängen und auf den Rumpf in beliebiger Lage zurückgeklebt werden (E. P. 355 789. R a d i u m A. G., Abb. 719).
2. Aus zwei Blättern durch Klebstanzen hergestellte Hohlkörper, deren einzelne Extremitäten separat gestanzt und auf den Rumpf in der gewünschten Lage aufgeklebt werden (Abb. 720).



Abb. 719. Sechsplatten-Hohlkörper mit aufgelappten Extremitäten

Abb. 720. Aus mehreren zweiblättrigen Hohlkörperelementen zusammengesetzte Spielwaren

3. Aus zwei Blättern in symmetrischer geöffneter Form gestanzte Hohlkörper, die durch Zusammenfalten und Zusammenkleben auf ihre endgültige Form gebracht werden. (A. P. 1 610 154 von R i l e y , Abbildung 721).

Hierzu gehören die Fälle, in denen gefaltete Einlageblätter, deren Faltlinie gerade ist, durch Zusammenkleben der Flügel mit einer krummen falschen Naht versehen werden, was zur Verbesserung der Stellung der Extremitäten nötig ist.

Bälle

Die Möglichkeit, aus zwei Blättern Bälle herzustellen, ist wegen der bereits angeführten statischen Mängel praktisch nicht vorhanden. Immerhin werden als Seelen für Doppelbälle mit wenig oder gar nicht dehnbaren Hüllen derartige Gebilde verwendet. Eine vorteilhaftere Gestaltung der Ballform ergibt sich:

1. Durch Klebstanzen aus vier Blättern mit ringförmigen Einlagen laut Abb. 722.

Diese Bälle werden trotz ihrer guten Form als Spielbälle wenig beachtet, weil durch ihre Konstruktion ihre Farbenzusammen-

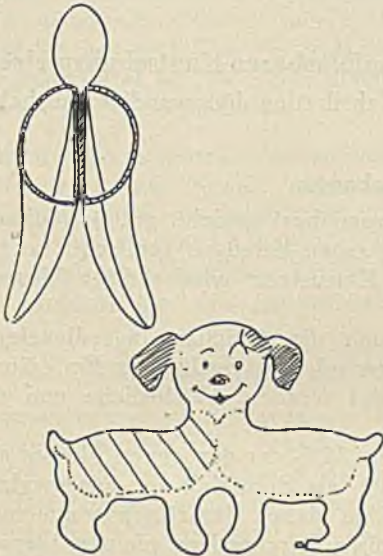


Abb. 721. Durch Zusammenfalten und Kleben geformte Hohlkörper nach Riley

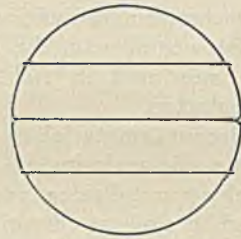


Abb. 722. Ball mit Ringeinlagen

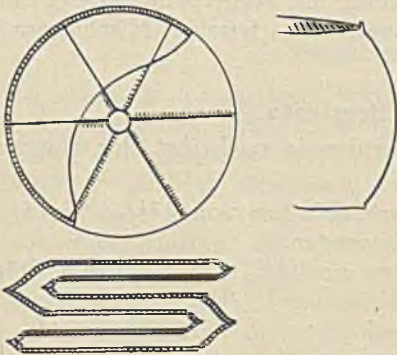


Abb. 723. Ball aus zweiteiligen Taschenelementen

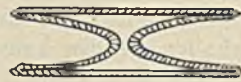


Abb. 724. Ball mit gefalteten Einlagen

stellung nicht dem herrschenden Geschmack entsprechend gewählt werden kann.

2. Bälle aus taschenförmigen Elementen. Dieser Klebstanzball ist aus sechs oder mehr an ihren Rändern zusammengehaltenen Platten geformt, die vorher aus zweiteiligen vorgestanzten Taschenelemen-

ten zusammengesetzt sind. (D. R. P. 466 770* und 487 895*, Abbildung 723.)

3. Klebstanball aus vier Blättern bestehend, indem zwischen zwei Außenblättern zwei gefaltete Zwischeneinlagen eingesetzt werden. (A. P. 1 668 782*, Abb. 724.)

Fabrikationstechnologie der aufblasbaren Kautschukspielzeuge

Die Grundbedingungen für die Fabrikation dünnwandiger lufthaltender Hohlkörper sind die folgenden:

Mischungen

Die Mischungsingredienzien müssen best gesiebt, gut getrocknet und richtig abgewogen sein, die Mischungen homogen gemischt, knotenfrei, klebfähig sein und in richtiger Konsistenz wiederholtes blasenfreies Ziehen gestatten.

Als Mischungsmaterialien werden die üblichen Ingredienzien verwendet. Es dürfen keine in Wasser oder in verdünnter Essigsäure löslichen Schwermetallsalze verwendet werden. Fettlösliche und migrierende Farben sind zu vermeiden.

Es ist zu beachten, daß nur 20 bis 25% der gezogenen Platten sich als Ware ergeben und die übrigen 75% als Rohabfall neu ausgewalzt werden müssen. Die Mischungen sollen daher derartig zusammengestellt sein, daß sie auch durch wiederholtes Durchwalzen nicht entnervt werden. Sollte jedoch Überweichung und Entnervung durch das öftere Durchwalzen entstehen, so ist dies durch Zugabe frischer Mischung zu beheben. So nehmen z. B. die kaltvulkanisierten Mischungen durch das wiederholte Auswalzen und Einpudern mit Stärkepulver so viel Einstaubmittel auf, daß dies nur durch Zugabe von frischen Mischungen bis zu 50% behoben werden kann.

Plattenziehen

Für aufblasbare Spielwaren werden je nach Art der angewandten Nähte:

1. einfach gezogene ungepuderte Platten von $\frac{15}{100}$ bis $\frac{4}{10}$ mm Stärke in glatten Einrollstoff gezogen,
2. dublierte ungepuderte Platten von $\frac{3}{10}$ bis $\frac{12}{10}$ mm Stärke in glatten Einrollstoff gezogen,
3. einseitig gepuderte Platten und
4. zweiseitig gepuderte Platten gezogen.

Solche Platten können am besten auf einem in tadellosem Zustande befindlichen Dreiroller mit oder ohne Dubliervorrichtung oder mit oder ohne automatischen Einstaubvorrichtungen hergestellt werden.

Soll mit nichtklebenden Platten gearbeitet werden, so zerfallen die benutzten Streumittel in zwei Gruppen:

1. Inerte Streumittel, die während der Herstellung der Nähte und bei der Vulkanisation keine chemische Funktion ausüben, und

2. chemisch aktive Streumittel (Schwed. P. 70 564*), die bei der Verarbeitung und bei der Vulkanisation von der Mischung absorbiert werden und auf diese Weise zwischen den zusammengeklebten oder zusammengepreßten Teilen keine trennende Schicht zurücklassen. Im allgemeinen verwendet man zum Einstauben der kalt zu vulkanisierenden Platten inerte Streumittel, wie Magnesia, Kreide oder Stärkepulver. Das Material nimmt erhebliche Mengen von dem Einstaubmittel auf, so z. B. nehmen 100 kg $\frac{2}{10}$ mm starke Platten etwa 8 kg Stärkepulver auf.

Warm zu vulkanisierende Platten werden für Klebnähte mit Talkum, Magnesia oder Kreide eingestaubt. Für Stanznähte sind aber diese Einstaubmittel ungeeignet und müssen hier die aktiven Streumittel verwendet werden. Die Arbeit des Einstreuens erheischt jedoch die größte Sorgfalt, da die aktiven Streumittel, von der Mischung in großen Mengen aufgenommen, die Qualität nachteilig beeinflussen können.

Das Zuschneiden und die Plattenkontrolle

Die gezogenen Platten werden in den für die Fabrikation nötigen Größen zugeschnitten. Bei bepuderten Platten geschieht dies je nach der Dicke in 20 bis 30facher Lage mit zweckmäßig erhitzten Werkzeugen. Die auszuschneidenden Formen werden mittels Schablone auf die oberste Schicht aufgezeichnet. Bei ungepuderten Platten geschieht das Zuschneiden einzeln. Diese müssen außerdem noch vor fliegendem Staube bewahrt werden. Die Einzelausschnitte werden stückweise auf Fehler kontrolliert; am besten durch Durchleuchten im finsternen Raum. Nur fehlerlose Platten dürfen zur Fabrikation verwendet werden.

Die Zwischenlagen

Die Verarbeitung der dünnen Platten zu Hohlkörpern bedingt eine Übereinanderschichtung der den Körper bildenden Plattenlagen. Die rohen, klebrigen Kautschukplatten werden eingestaubt. Für kaltvulkanisierte Waren reicht das Einstauben mit inerten Einstaubmitteln vollständig aus. Bei der Fabrikation warmvulkanisierter Waren, die zweckmäßig aus ungepuderten oder mit aktiven Streumitteln bepuderten Platten hergestellt werden, muß die ursprüngliche oder bei der Warmvulkanisation auftretende Klebrigkeit durch Isolierschichten beseitigt werden. Diese, das Ankleben verhütenden Zwischenlagen, sind aus dünnem Papier, das durch Ausstanzen oder auf anderem Wege die nötige Form erhält. Das Zwischenlagepapier muß für die Verarbeitung genügende Festigkeit besitzen und dabei genug leicht zerreißbar sein, da es nach der Vulkanisation auf irgendeine Art beseitigt wird.

Bei großen Hohlkörpern, wo die Verwendung von Papierschichten durch die Größe erschwert ist, wird statt dessen eine inerte Schicht von Streumitteln, wie Talkum und ähnliches, in Pulverform oder mit Glycerin o. dgl. angeteigt und am besten mittels Schablone aufgetragen.

Zusammenfügung der Hohlkörper

a) **Durch Handarbeit ohne Zusammenpressen der Nähte.** Die einzelnen Bestandteile werden mit geeigneten Schablonen vorgezeichnet und mit Schere oder Messer ausgeschnitten. In der Massenfabrikation kann das Ausschneiden durch erhitzte Werkzeuge oder durch Messerstanzen geschehen. Je nach der Konstruktion des Hohlkörpers und der angewandten Naht sind die Ausschnitte verschieden. Als Naht wird bei kleineren Gegenständen zumeist die Überlappungsmethode gewählt, indem die zusammenzuklebenden Plattenhälften derartig zugeschnitten werden, daß einer der Zuschnitte zwecks Überlappung größer geschnitten wird. Das Auftragen von Klebelösungen wird mit Schablonen bewerkstelligt. Für große Strandspielzeuge wird die überlappte Bandnaht angewendet.

b) **Die Stanzarbeit.** Je nach Art der Naht können die beschriebenen Stanzwerkzeuge in der verschiedensten Anordnung verwendet werden (Ö. P. 108 723*). Alle Stanznähte herstellenden Werkzeuge haben zwei wichtige Bestandteile; die den eigentlichen Preßgrat tragende Stanze und die Grundplatte, wobei die Grundplatte selbst als Werkzeug betrachtet werden soll. Hieraus entstehen die folgenden Möglichkeiten:

Hohlkörper aus zwei Platten

1. Eine Grundplatte und eine Stanze zur Herstellung von einem Blattpaar (Abb. 725).



Abb. 725. Verschweißen von 1 Blattpaar

2. Eine Grundplatte und zwei Stanzen, oberhalb und unterhalb der Grundplatten liegend, zur Herstellung von zwei Blattpaaren als Einzelkörper (Abb. 726).

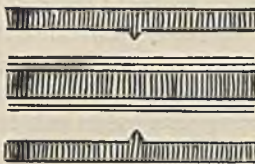


Abb. 726. Verschweißen von 2 Blattpaaren zum Einzelkörper



Abb. 727. Verschweißen von 2 Blattpaaren zum Einzelkörper mit zwischengelegter Stanze

3. Zwei Grundplatten mit dazwischengelegter Stanze zur Herstellung von zwei Blattpaaren als Einzelkörper (Abb. 727).

Aus den angeführten drei Fällen ergeben sich die übrigen möglichen Kombinationen:

Vereinigung von drei Blättern zu einem Hohlkörper in einer Phase. Zwischen die Blätter der gefalteten Einlage wird der entsprechende Teil der Drahtstanze gelegt und diese mit Blättern oben und unten so bedeckt, daß der übrige Teil der Stanze auf die zwei Deckplatten kommt und gestanzt wird (Abb. 728).

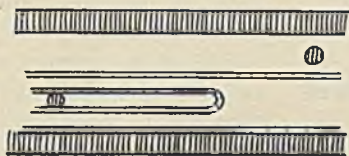


Abb. 728. Verschweißen von 3 Blättern zu einem Hohlkörper mit Drahtstanzen

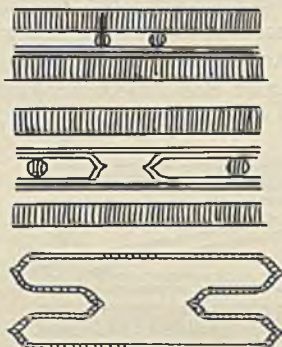


Abb. 729. Verschweißen von 2 Blattpaaren zu einem Körper aus vier Blättern

Vereinigung von vier Blättern zu einem Hohlkörper in zwei Phasen. Indem ein Blattpaar zu der nötigen Einlage mit ringförmigem Ausschnitt durch Stanzen vereinigt wird, zwischen die Blätter der Einlage eine Drahtstanze gelegt, mit Blättern oben und unten bedeckt und gestanzt wird (Abb. 729).

Vereinigung von sechs Blättern zu einem Hohlkörper. Falls an Stelle der vorgestanzten ringförmigen Einlage, aus zwei Platten vereinigte Blattpaargebilde verwendet werden und die äußere Stanze zwischen diese Blattpaare gelegt, sodann von oben und unten durch je ein weiteres Blatt bedeckt wird, so entsteht durch das Durchstanzen ein Hohlkörper aus sechs Blättern, laut Abb. 730.

Die dazwischengelegten Stanzwerkzeuge können auch asymmetrisch wirken und dadurch die Kombinationsmöglichkeiten erhöhen.

Die Anordnung der Stanzen kann je nach der angewendeten Stanzvorrichtung verschieden sein. Es können, je nach der Methode, schwere Stanzen aus Stahlbändern, wie auch Stanzen aus dünnen Stahldrähten verwendet werden. Die Konstruktion der Werkzeuge ist auch durch die Klebrigkeit der Oberfläche der verwendeten Platten bestimmt. Klebrige Platten erfordern Stanzen, die gleichzeitig auch isolierend wirken. Immerhin enthalten derartige Werkzeuge für warmvulkanisierte Aufblasfiguren die folgenden Bestandteile:

Grundplatte, Papierrichtschiablone und Stanzwerkzeug.

Zur Herstellung von einfachen Hohlkörpern aus zwei Blättern reichen die oben angeführten Bestandteile in der einfachsten Anordnung voll-

ständig aus. Es kann zur Hebung der Produktion ein Stanzwerkzeug von geringer Höhe, z. B. aus Stahldraht, zwischen zwei Blattpaare gelegt werden, wodurch in einem Stanzgang zwei Hohlkörper hergestellt werden.

Papier als Stanzbehelf

Es können zwei oder mehr Blattpaare durch Einlegen einer Isolationspapierschicht zwischen die einzelnen Blattpaare und durch einfaches Durchstanzen zu Hohlkörpern aus zwei Blättern vereinigt werden, wobei das Papier das Zusammenkleben der zum Kleben nicht beabsichtigten Kanten verhütet.

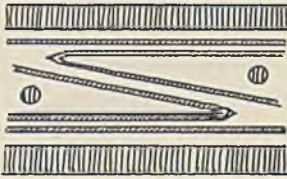


Abb. 730. Verschweißen von 6 Blättern zu einem Hohlkörper

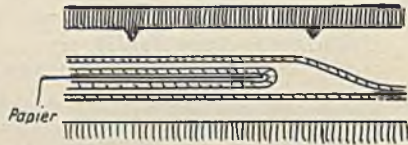


Abb. 731. Stanzen mit Papierisolierung zu Hohlkörpern aus drei Blättern nach Roberts

Zur Herstellung von Hohlkörpern aus drei oder mehr Blättern werden die angeführten Bestandteile etwas komplizierter angeordnet. Laut A. P. 1 625 394 von Roberts geschieht das Verstanzen von drei Blättern zu einem Hohlkörper mit Hilfe einer Isolierpapierschicht, laut Abb. 731.

Stanzwerkzeugbeispiel

Zur Erzeugung von Hohlkörpern aus vier Platten werden die Einrichtungen noch komplizierter. Als Beispiel soll das A. P. 1 834 078 von Jacobstein angeführt werden, das eine besondere Stanzwerkzeuganordnung schützt (Abb. 732).

Nach dieser Anordnung werden in Fig. 1 mit Hilfe des Stanzgrates zwei Blätter in der Form, nach Fig. 2 und 3, mit einem annähernd ringförmigen Ausschnitt vereinigt. Dieser Ring wird auf die in Fig. 4 wiedergegebene mit 7 bezeichnete Grundplatte aufgezogen und auf derselben mit einer buchartig aufgehenden Sicherungsschablone fixiert. Die Sicherungsschablone hat oben und unten je einen Ausschnitt, laut Fig. 5, durch den das in Fig. 7 abgebildete Preßstanzwerkzeug in der in der Fig. 6 angegebenen Anordnung zum Durchstanzen kommt. Das Produkt aus vier Blättern ist in Fig. 8 wiedergegeben.

Stanzmaschinen

Zum Ausüben des Stanzverfahrens können mit erhitzten Preßflächen arbeitende Stanzmaschinen mit Hand- oder mechanischem Antrieb verwendet werden. Um richtig haltende Nähte zu bekommen, darf der Stanzvorgang nicht schlagartig ausgeübt werden, da das Zusammenkleben der Stanzgrate ein Zeiteffekt ist. Momentstanzen sind hiermit ausgeschlossen. Der Preßgrat muß in seiner tiefsten Lage eine minimale Zeit verharren, um das Verschweißen möglichst vollständig ausüben zu können. Als handbetriebene Pressen kommen nur spindelpreßartige Anordnungen zur Herstellung von kleineren Spielzeugen in Betracht.

Mechanisch betriebene Pressen können nur dann mit Erfolg verwendet werden, wenn die Länge des Preßvorganges regulierbar ist. Teuer, aber vorteilhaft arbeiten hydraulische Pressen. Die Preßplatten sollen mit Dampf, elektrisch oder anders auf Temperaturen von 60 bis 110° C geheizt werden. Bei kalten Werkzeugen und kurzer Preßdauer gehen die Nähte auf, bei heißen Werkzeugen und allzulänglichem Anpressen entstehen Verjüngungen der Platten.

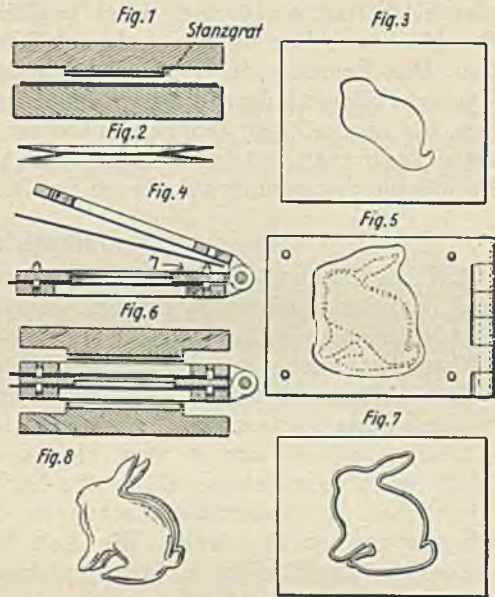


Abb. 732. Stanzwerkzeug für Hohlkörper aus vier Blättern nach Stein

Ventile

Um die aufblasbaren Spielzeuge auf ihre Nutzform durch Aufblasen zu bringen und in dieser Form zu halten, werden geeignete Ventile benötigt. Die meisten verwendeten Ventile bestehen aus einem formhaltenden dickeren Schlauchstück und aus einem in diesem Schlauch fest passenden zylindrischen Verschlusskörper aus Hartgummi oder anderen Materialien (Abb. 733). Dieser Ventilschlauch kann vor oder nach der Vulkanisation in den Hohlkörper geklebt und mit einem Sicherungsring befestigt werden. Für größere

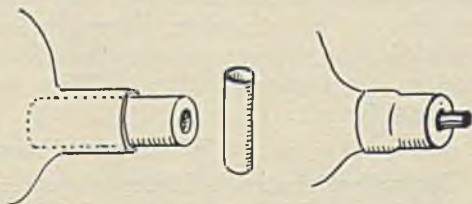


Abb. 733. Aufblaseventil aus Kautschuk

und teurere Spielzeuge verwendet man komplizierte Ventile aus Metall, ähnlich wie Fahrrad- oder Luftkissenventile.

Das Bedrucken und Bemalen

Das Bedrucken der im unaufgeblasenen Zustande flachliegenden Spielzeuge geschieht auf einfachen Druckereimaschinen, wie Tiegeldruckmaschinen, mit geeigneten, durch praktische Proben ermittelten Buchdruckfarben. Allzu dichter Aufdruck kann vulkanisationshindernd wirken. Das Bemalen der Figuren geschieht durch Aufspritzen, wobei in Kautschuklösung suspendierte vulkanisiererechte Farben verwendet werden. Die dazu nötigen Schablonen werden bei der Massenfabrikation derartig angeordnet, daß das Werkstück auch bei Verwendung von mehreren Farben durch einmaliges Auflegen der Schablone gespritzt werden kann.

Das Vulkanisieren

1. **Kaltvulkanisation.** Die mit Aufblasventilen versehenen bedruckten und bemalten fertigen Spielzeuge werden in mäßig aufgeblasenem Zustande in einer Kaltvulkanisiertrummel im Schwefelchlorürdampf vorvulkanisiert, dann durch Eintauchen in ein Schwefelchlorür enthaltendes Gummilösungsmittel (z. B. Tetrachlorkohlenstoff) ausgezählt, worauf sie in der Vulkanisiertrummel fertigvulkanisiert werden.

Dieses Vulkanisieren in zwei Phasen ist wegen der Nähte nötig, da beim Dampfvulkanisieren allein die Nahtstellen roh bleiben und durch Eintauchen in Vulkanisiermischungen die etwa zusammengefalteten Platten verkleben würden. Die kalt fertigvulkanisierten Spielwaren sollen von überflüssigen Chlorschwefelmengen durch Neutralisieren und Waschen befreit werden.

2. **Warmvulkanisation.** Die bemalten, aber noch rohen Spielzeuge werden mit oder ohne Ventil, jedoch mit geöffneter Ventilstelle, wegen der etwa eingeschlossenen Luft, in verschließbaren Blechkisten geringer Höhe in inertes, gesiebtes Pulver, wie Talkum oder Kreide, eingebettet. Es soll darauf geachtet werden, daß zwischen die einzelnen Lagen der mehrblättrigen Hohlkörper das Pulver in dünner, aber ausreichender Schicht aufgetragen wird. Es können mehrere Schichten von Hohlkörpern übereinandergelegt werden. Die oberste Lage wird sodann mit einer dünnen Schicht bedeckt und die Kiste mit einem Deckel abgeschlossen. Die fertig gepackten Kisten können übereinandergeschichtet in einem Vulkanisierkessel mit direktem Dampf vulkanisiert werden. Nach erfolgter Vulkanisation werden die einzelnen Kisten in eine Siebtrommel entleert und so die fertigvulkanisierte Ware vom überschüssigen Einbettungsmaterial befreit.

Waschen und Ausprobieren

Die vulkanisierten Hohlkörper werden auf ihre richtigen Maße mittels Preßluft aufgeblasen, mit Ventiltropfen versehen und stückweise im Wasser auf Dichtheit geprüft. Die richtigbefundenen Stücke werden in einer geschlossenen Trommel in Gegenwart von Emulgierungsmitteln, wie Türkischrotöl oder ähnlichem, von allen anhaftenden fremden Körpern

befreit. Die Reinigung wird durch das Reiben der einzelnen Körper untereinander stark beschleunigt. Nach dem Vorwaschen erfolgt ein zweites Waschen in der Siebtrommel mit fließendem lauen Wasser. Die so gereinigten Stücke werden in Trommeln getrocknet und gelangen zur Prüfung der Nähte, indem sie im aufgeblasenen Zustande 24 Stunden übereinandergehäuft liegen. Die gutbefundenen Stücke werden entlüftet, auf ihre Ausführung stückweise kontrolliert und handelsüblich verpackt.

Lagerfähigkeit

Richtig hergestellte kaltvulkanisierte Waren besitzen selbst in den Tropen eine Lagerfähigkeit von etwa einem Jahre. Warmvulkanisierte Waren sind selbst in den Tropen zwei Jahre und noch länger lagerfähig.

Aufblasespielzeuge in der Benutzung

Die durch inneren Druck in ihrer Nutzform verhaltenen, verhältnismäßig sehr voluminösen Hohlkörper sind infolge der dünnen Wände und der Nähte verhältnismäßig vergänglich und gegen mechanische Einflüsse besonders empfindlich.

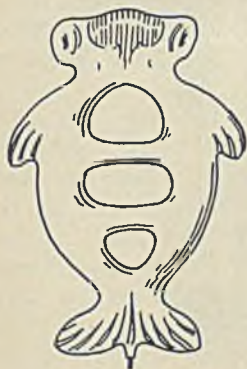


Abb. 734. Ansicht eines Spielzeuges aus zwei Blättern

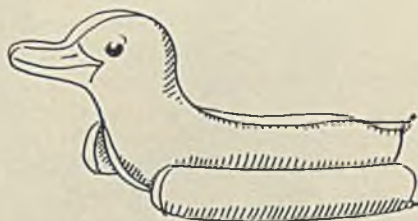


Abb. 735. Ansicht eines Spielzeuges aus drei Blättern

Perforationsgefahr

Die dünnen Wände erleiden leicht Beschädigung; durch Berührung mit scharfen oder spitzen Gegenständen werden sie perforiert oder eingerissen und können auch durch Herausfallen eines in der Mischung enthaltenen Partikelchen irgendeines Ingrediens durchlocht werden. Die dünnen Wände haben ferner den Nachteil, daß bei der Nachbildung von Tieren, die in der Natur dünne Beine haben, die naturgetreue Wiedergabe in den Beinen nicht erreicht wird, sondern die Beine müssen verhältnismäßig dick genommen werden, um der Figur die Standfähigkeit zu sichern.

Abbildungen angeführter Figuren

Es ist jedoch auffallend, daß diese Abweichung von der Naturähnlichkeit keinen ästhetischen Nachteil bringt, wie dies aus den folgenden Abbildungen zu entnehmen ist:

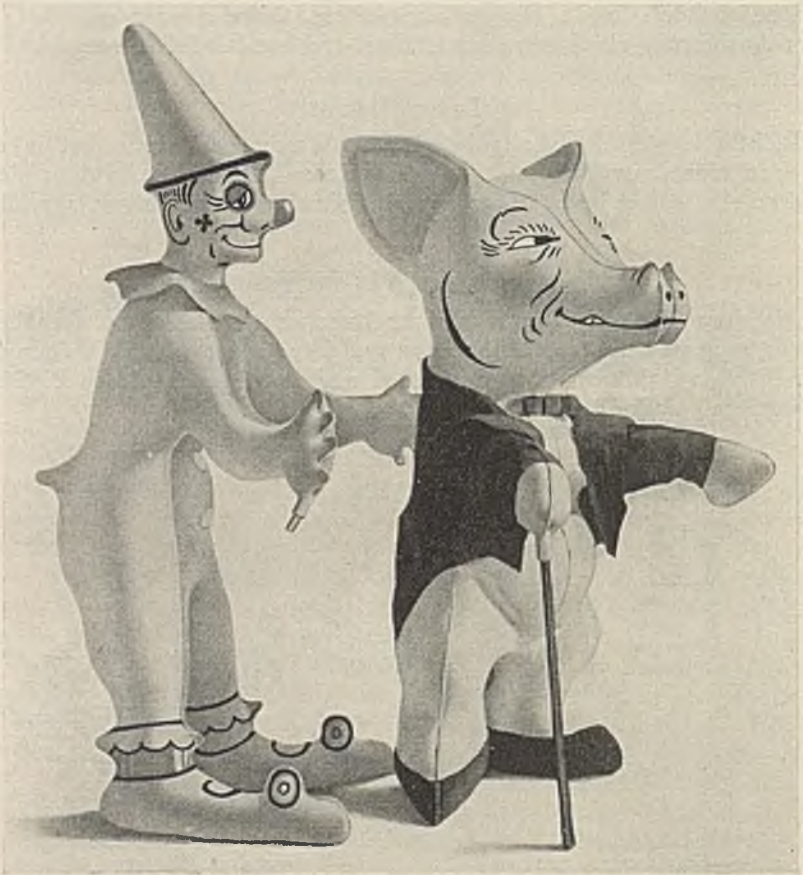


Abb. 736. Ansicht zweier Spielzeuge aus je vier Blättern

1. Figur aus zwei Blättern (Abb. 734).
2. Figur aus drei Blättern (Abb. 735).
3. Figuren aus vier Blättern (Abb. 736).
4. Große Strand- und Schwimmfiguren (Abb. 737).

Ebensowenig stören die aus dem Spielzeug in aufgeblasenem Zustande rippenartig vorstehenden Nähte.

Es ist überraschend, wie nahe an die natürliche Erscheinung die im entlüfteten Zustande durch parallel zueinander liegende Blätter geformten Hohlkörper durch das Aufblasen kommen. Diese Erscheinung ist ermöglicht durch die hohe Dehnbarkeit des vulkanisierten Kautschukmaterials, die jedoch auf der anderen Seite den Nachteil der Verjüngung

und daher Schwächung der Platten und der Nähte besitzt. Die Schwächung der einzelnen Plattenteile kann an besonders in Anspruch genommenen Stellen bis zu 30% verursachen. Hieraus ist ohne weiteres ersichtlich, daß neben der Perforationsgefahr auch die Gefahr des Überblasens eine bedeutende ist. Durch übermäßiges Aufblasen fallen auch die bereits erwähnten Partikelchen aus der verdünnten Platte leicht heraus und bilden Löcher.

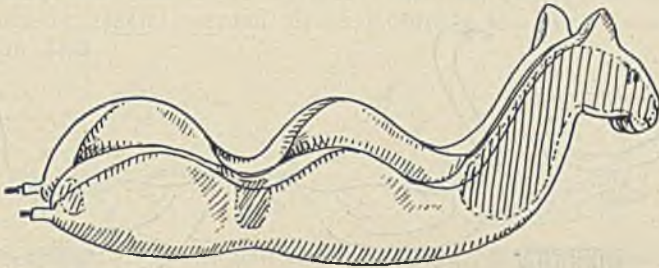


Abb. 737. Ansicht einer der großen Strand- und Schwimmfiguren

Die Reparatur

Die kleinen Löcher oder Risse können durch Aufkleben eines Fleckes aus dickerem, warmvulkanisiert hergestellten und dem beschädigten Spielzeug ähnlichem Material, wie Luftschläuchen u. dgl., repariert werden.

Die aufblasbaren Gummispielwaren haben nicht nur infolge ihrer wirtschaftlichen Herstellungsart und ihrer größeren Ausmaße bei geringerem Gewichte starke Verbreitung gefunden, sondern auch infolge der Ersparnisse in den Transportkosten, die durch Versendung großer Mengen im kleinen Raum, weil entlüftet verpackt, erzielt werden. Außerdem dienen diese Spielzeuge als weiterer Beweis dessen, daß Kautschuk ein idealer Werkstoff für Spielwaren ist. Es steht zu hoffen, daß mit Ausgestaltung der Technik auch die Erzeugung von aufblasbaren Gummispielwaren weiterentwickelt und dadurch eine noch größere Verbreitung finden wird.

Anhang

Schwimm- und Strandspielzeuge

Die aufblasbaren Hohlkörper eignen sich wegen ihres im aufgeblasenen Zustande sehr niedrigen spezifischen Gewichtes vorzüglich zur Herstellung von schwimmenden Spielzeugen, und wird der größte Teil der aufblasbaren Spielzeuge tatsächlich als Wasserspielzeug hergestellt.

Die Wasserspielzeuge stellen gewöhnlich Tiere und andere Gegenstände dar, die mit dem Wasser in Verbindung stehen. So werden Hohlkörper, als Fische, Schiffe usw. hergestellt. Um derartige Gegenstände auf dem Wasser in natürlicher Schwimmstellung zu halten, müssen sie durch entsprechende Konstruktion oder sonstige Vorrichtung stabilisiert werden.

Wasserspielzeuge mit Ballast

Aus zwei Platten zusammengesetzte Spielzeuge werden stets mit ihrer Breitseite am Wasser aufliegen. Um sie auf ihrer Schmalseite schwimmend zu gestalten, müssen sie mit einem Schwimmballast versehen werden. Dieser Schwimmballast kann in Form eines bleiernen Ventilpompfens

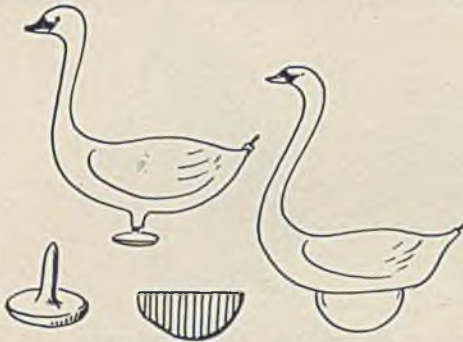


Abb. 738. Wasserspielzeuge mit Ballast



Abb. 739. Wasserspielzeug mit angeklebter Ballasttasche nach W. Hansen

oder besser im Hohlkörper unentfernbar eingebauten Gewichtes angebracht werden (Abb. 738).

Bei großen Hohlkörpern wird die Stabilisierung durch eingebauten Ballast infolge des zu großen Gewichtes unpraktisch. Diese großen Schwimmfiguren werden daher manchmal mit angeklebten Ballasttaschen zur Füllung mit Wasser, Sand o. dgl. auf der Schwimmseite hergestellt. (E. P. 265 050, W. H a u s e r, Abb. 739.)

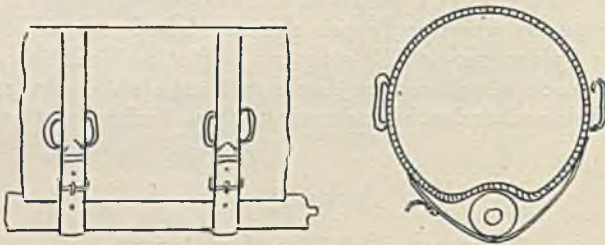


Abb. 740. Wasserspielzeuge mit anschnallbarem Ballast

Solche Ballaste können auch in Form abnehmbarer Anschnallvorrichtung angebracht werden. All diese Einrichtungen verteuern aber die Spielzeuge übermäßig und werden daher selten angewendet. (Siehe Ung. P. 98 155*, Abb. 740.)

Wasserspielzeuge mit Konstruktionsstabilisierungen

1. Aus zwei Platten linsenförmig derart zusammengesetzte Hohlkörper, daß dieselben auf ihrer Flachseite schwimmend die Nutzform des Spielzeuges darstellen, wie Abb. 741.

Um den bekannten Rettungsringen eine Spielzeugform zu geben, werden aus zwei Platten ringförmige Hohlkörper gebildet, die Tierköpfe und Tierextremitäten, wie Füße und Schwanz, ausgebildet haben. (Siehe Abbildung 734.)

Die zwei letzten Ausführungen liegen schwimmend in ihrer Gesamtheit in einer Ebene. Es können aus der Kombination der zweiblättrigen offenen Ringe und aus zweiblättrigen Phantasie-Tierköpfen Schwimmringe zusammengesetzt werden, deren Kopfteile aus der Ebene herausragen (Abb. 742).

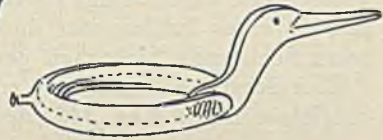
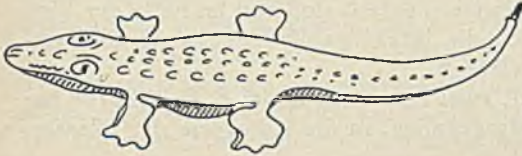


Abb. 741. Wasserspielzeug aus zwei Blättern, flachschwimmend

Abb. 742. Wasserspielzeug aus zwei zweiblättrigen Hohlkörpern zusammengesetzt

Diese Kombination hat allerdings den kleinen Nachteil, daß das Spielzeug entlüftet nicht vollständig zusammenfaltbar ist.

2. Aus drei Blättern auf ihren Seiten mit Auslegern stabilisierte Hohlkörper (Ö. P. 131 149*, Abb. 743). Diese infolge der vielseitig verwendbaren Auslegerausführung für kleine und große Wasserspielzeuge sehr beliebte Konstruktion aus drei Blättern ist im A. P. 1 559 248 von A. J. Eldon beschrieben (Abb. 744). Sie ergibt formenreiche und brauchbare Spielzeuge.

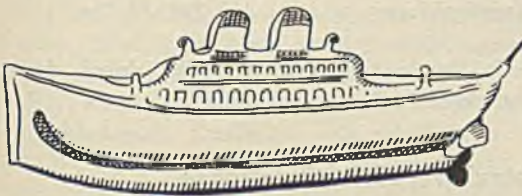


Abb. 743. Mit Auslegern stabilisiertes Spielzeug aus drei Blättern

Abb. 744. Schwimmring aus drei Blättern nach A. I. Eldon

3. Aus Verwendung von vier Blättern erwächst die Möglichkeit, alle Anforderungen an Form und Konstruktion zu erfüllen. Bei dieser Konstruktion ist die aus der der Schwimmebene herausragende Anordnung von Kopf, Extremitäten und Stabilisierungsausleger mit Leichtigkeit zu lösen. Als Beispiel soll das Schwimmringsspielzeug aus vier Blättern laut D. R. P. 476 165* angeführt werden, in dem gleichzeitig die Wiederholung des Ringsystems in einem Hohlkörper zu erreichen ist (Abb. 737).

4. Aus sechs Blättern bestehende Schwimmringsspielzeuge sind aus drei zweiblättrigen Hohlkörpern zusammengesetzt, indem ein Rumpfstück mit

Kopfteil aus zwei Blättern gebildet wird und auf dessen Seitenteile als Ausleger aus zwei Blättern gebildete Schläuche angegliedert sind. Diese Ausführung steht trotz ihrer sechs Blätter dem Formreichtum der aus vier Blättern gebildeten nach (Abb. 735).

Mehrkammer-Strandspielzeuge

Der Wunsch, große aus Kautschuk hergestellte Wasserspielzeuge in tiefem Wasser mit Sicherheit benutzen zu können, führte zur Herstellung von Mehrkammer-Spielzeugen, die durch Zwischenwände in mehrere voneinander unabhängige Luftkammern geteilt sind und im Falle der Verletzung einer Luftkammer durch die intakt gebliebenen anderen Kammern noch volle Sicherheit gewähren.

Eine derartige Ausführung mit zwei Kammern ist im E. P. 324 076* beschrieben und in Abb. 745 wiedergegeben. In die Kategorie der Wasser-

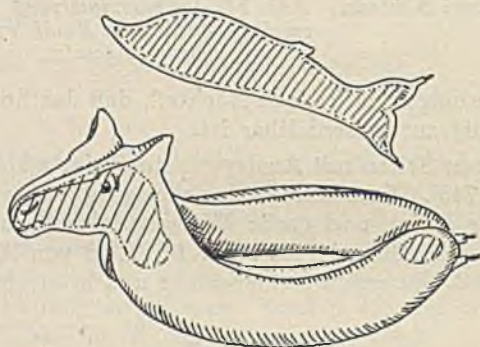


Abb. 745. Mehrkammer-Strandspielzeug

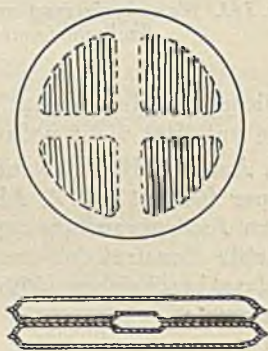


Abb. 746. Floßball

spielzeuge gehören auch Floßbälle, laut D. R. P. 476 165*, durch deren Hohlraum die Floßstangen durchgehen (Abb. 746).

Durch Stoffstaub veredelte Spielzeuge

Gegenstände mit Reingummioberfläche haben einen kalten, glatten Griff, der besonders Kinder unangenehm berührt und abstößt. Es wurden daher für derartige Gegenstände, auch für aufblasbare Spielzeuge, aus Stoff genähte Hüllen in der Form der Spielzeuge verwendet. Diese sind jedoch teuer, vermindern, die charakteristischen elastischen Eigenschaften und somit die Zweckdienlichkeit der Gegenstände. Nach dem E. P. 376 456* werden Spielzeuge erzeugt, die bei Bestand sämtlicher elastischer Eigenschaften eine warme Textiloberfläche besitzen, diese wird mit Hilfe von Textilstaub verschiedener Provenienz hergestellt.

Das Wesen der Stoffstaubbedeckung ist, daß die Elementarfasern einzeln mit einer der Enden ohne Verfilzung auf der Oberfläche der Spielzeuge »eingepflanzt« werden und so bei den unvermeidlichen Dehnungen, die dehnbare Unterlage, wie auch einander nicht beeinflussen.

Die technische Ausführung dieser »Einpflanzung« ist durch die beim Herstellungsverfahren auftretende Reibungselektrizität ermöglicht, wobei die Elementarfasern elektrisch geladen werden und die Enden je nach der Ladung der Grundplatte angezogen resp. abgestoßen werden und so die gewünschte vertikale Lage in der klebrigen Unterlage von selbst entsteht.

Verfahren zum Auftragen der Faserstaubbezüge

Als F a s e r s t a u b verwendet man Baumwollstaub, Kunstseidenstaub und Wollstaub, je nach dem gewünschten Endprodukt. Die verwendeten Staubsorten sollen möglichst gleicher Längenordnung, frei von verfilzten Knoten und echt und giftfrei lebhaft gefärbt sein. Als K l e b m a t e r i a l verwendet man nach besonderem Verfahren hergestellte klebrige Kautschukteige, die Klebrigkeit erhöhende Harze enthaltend und in bekannten Lösungsmitteln gelöst sind. Der zu beziehende Grundkörper ist vorteilhaft auf irgendeine Art kalt oder warm vorvulkanisiert und die Klebschicht, wird auf verschiedene Weise, wie z. B. Eintauchen, angebracht. Beim Verdunsten des Lösungsmittels treten schwache elektrische Erscheinungen auf, die aber genügen, um die aufgestreuten Stoffpulverteile durch ihre elektrische Ladung in der gewünschten Weise zu beeinflussen. Um das wichtige elektrische Phänomen zu erhöhen, wird eine schwache Reibung, z. B. durch kurzes Scheuern in der Trommel, herbeigeführt.

Das Auftragen des Stoffstaubes kann auch in zwei getrennten Arbeitsgängen geschehen, indem die klebrige Unterlage in einem Arbeitsgang mit Stoffstaub schwach bestreut und im zweiten Arbeitsgang mit Stoffstaub in einer Scheuertrommel bis zur vollständigen Bedeckung behandelt wird. Diese getrennte Methode des Auftragens ermöglicht es, mit Hilfe von Stoffstaub verschiedener Qualitäten und Preislagen, Länge und Farbe, Effekte zu erzielen, die natürlichen Pelz oder schillernde Samtarten nachahmen (siehe E. P. 381 525*).

S p i e l w a r e n a u s z w e i B l ä t t e r n können ohne weiteres in un-aufgeblasenem Zustande mit Stoffstaub bezogen werden. G e g e n s t ä n d e a u s m e h r a l s z w e i B l ä t t e r n können vorteilhaft nur in aufgeblasenem Zustande mit Fasern bedeckt werden, da die im flachen Zustande einander bedeckenden Plattenteile in un-aufgeblasenem Zustande nicht zugänglich sind.

Vulkanisation

Die genügend mit Stoffstaub bedeckten einzelnen Stücke werden nach der nötigen Kontrolle je nach Art der verwendeten Klebelösung kalt in Schwefelchlorür oder warm in Heißluft vulkanisiert, dann gewaschen, getrocknet und nach der üblichen Art durch Bedrucken oder Spritzen bemalt. Derartige Ware von guter Qualität ist von verblüffendem leder- oder plüschartigen Aussehen. Die Stoffdecke haftet trotz wiederholter und starker Dehnung, ist sogar in kaltem oder warmem Wasser selbst gegen starke Reibung und Scheuerung widerstandsfähig.

Da die stoffbezogenen Spielwaren das Vollkommenste der aus Gummi hergestellten Spielzeuge repräsentieren, ist zu hoffen, daß in der Zukunft einerseits der Stoffstaub bedeutend billiger erzeugt, andererseits die »Einpflanzungsmethoden« einfacher gestaltet werden können und diese Spielzeuge dann nicht als Luxus- sondern als Volksgebrauchsartikel allgemeinere Verbreitung erreichen werden.

Patentlage

Die Herstellung der Aufblasespielzeuge ist eine verhältnismäßig junge Fabrikation, und die meisten darauf bezüglichen Patente sind noch in Kraft.

Die Einführung der billigen Drahtstanzen, die dadurch entstehenden Kombinationsmöglichkeiten der Stanzerei, die einfache und zweckmäßige Konstruktionsart der Drei- und Vierblätterhohlkörper, die Erhöhung der Festigkeit der Nähte sind die zumeist in Patenten niedergelegten Grundlagen der heutigen Entwicklung.

Als wichtigste Grundpatente seien die folgenden erwähnt:⁹

1. **Klebnähte**: Im E. P. 317 461*, Can. P. 291 614*, F. P. 676 768* werden die überlappten Bandnähte geschützt.
2. **Isolierschichten**: Im D. R. P. 491 723*, Ung. P. 100 398*, E. P. 318 740*, Can. P. 306 823* werden zur Herstellung von Hohlkörpern ohne Isolierschicht aus klebrigen Blättern mittels Hartpuder bezogene Isolierschablone, im Ö. P. 122 064 von **Georg Uhl** »das Zusammenkleben von Gummiblättern beim Stanzen verhindernde Zwischenlage aus Rohgummi, Balata, Regenerat usw.« geschützt.
3. **Aktives Streumittel**: In Schwed. P. 70 564*, Ö. P. 112 347*, Span. P. 102 355*, F. P. 630 400*, E. P. 277 928*, Can. P. 289 701*, Pol. P. 9352*, I. P. 261 671* werden die aktiven beim Vulkanisieren im Kautschukmaterial aufgehenden Streumittel und Anwendung derselben geschützt.
4. **Preßbandnaht**: Im Ö. P. 125 784*, Ung. P. 102 824*, E. P. 322 572*, A. P. 1 825 308*, Can. P. 301 310*, F. P. 662 888*, Č. S. R. P. 35 659*, I. P. 274 040* werden die durch verschweißendes Stanzen hergestell- ten bandartigen Nähte geschützt.
5. **Stanzwerkzeuganordnung**: Im Ö. P. 108 723*, D. R. P. 488 329*, Ung. P. 95 002*, A. P. 1 816 472*, Can. P. 300 238*, E. P. 242 227*, I. P. 240 037*, Č. S. R. P. 24 746*, Belg. P. 329 322*, Pol. P. 11 161, 11 165*, Schwed. P. 72 721*, Finn. P. 11 936*, F. P. 603 271*, Jugosl. P. 4378*, Jap. P. 78 029* werden die Stanzwerkzeuganordnungen und die dadurch entstehenden Stanzungskombinationsmöglichkeiten geschützt.

Stahldraht als Werkzeug, siehe Stanzwerkzeuganordnung.

Stanzgratbesätze mit Gummibändern sind in dem Ö. P. 109 258 und 112 676 den Vereinigten Gummiwarenfabriken Wimpasing geschützt.

⁹ Die mit * bezeichneten Patente schützen die grundlegenden Arbeiten des Verfassers dieses Abschnittes. (Anm. d. Herausgebers.)

6. Bandnahtwerkzeug mit fixer Schneidekante wird im D. R. P. 521 663*, Belg. P. 360 660*, I. P. 283 479*, F. P. 662 888*, E. P. 318 336* geschützt. Siehe auch Nr. 9: Dreiblätterhohlkörper mit ösenartiger Ringeinlage.
7. Bandnahtwerkzeug, voneinander unabhängig bewegliche ineinander angeordnete Preß- und Schneidwerkzeuge werden im D. R. P. 505 957*, Ung. P. 99 261*, A. P. 1 869 550*, Can. P. 301 967*, E. P. 322 176*, I. P. 287 222*, Č. S. R. P. 38 264* geschützt.
8. Dreiblätterhohlkörper mit Falteinlage ist im A. P. 1 625 394 von F. T. Roberts und E. P. 233 676 geschützt.
9. Dreiblätterhohlkörper mit ösenartiger Ringeinlage siehe z. B. E. P. 318 336 der Hungarian rubber Goods Fact. und Lewis Kelemen und Zoltan Keleti, A. P. 1 885 917, Ö. P. 118 280, Č. S. R. P. 39 816, F. P. 677 530, Can. P. 332 902, Ung. P. 100 003, D. R. P. 505 958, I. P. 283 292.
10. Dreiblätterhohlkörper mit Falteinlage, die durch innerhalb der Randmarkierung befindliche Nähte in Hohlräume geteilt sind. Ö. P. 131 149*, Ung. P. 104 945*, E. P. 357 000*, F. P. 712 438*, I. P. 297 431*, Č. S. R. P. 43 486*, Schwed. P. 27 230*, Belg. P. 379 414*, A. P. 1 881 048*.
Dreiplattenhohlkörper mit Falteinlage für breitgehaltene Extremitäten werden durch E. P. 357 158 der »Radium« Gummierwerke A. - G. geschützt.
11. Vierblätterhohlkörper sind geschützt durch Patente: D. R. P. 452 805*, Ung. P. 93 142*, A. P. 1 697 459*, Ö. P. 109 258*, Can. P. 300 016*, Rum. P. 12 211*, Span. P. 95 521*.
12. Vierblätterhohlkörper mit Einsatzring (siehe Stanzwerkzeug Nr. 5).
Vierblätterhohlkörper mit unterbrochenem Einsatzring. D. R. P. 476 165* (siehe Wasserspielzeuge Nr. 24).
13. Sechsblätterhohlkörper mit vierlappigem Einsatz sind durch D. R. P. 450 783 der Belinde - Werke geschützt.
Sechsblätterhohlkörper mit mehrlappigem Einsatzring werden durch die Ö. P. Anm. A. 5240-31 von F. Nadherny beansprucht.
14. Zweiblätterhohlkörper mit an Schlauch hängenden zurückgelappten Extremitäten werden durch E. P. 355 789 der Radium A. - G. geschützt.
15. Zweiblättrige durch Falten und Kleben zusammengefügte Hohlkörper sind im A. P. 1 610 154 von R. E. Riley geschützt.
16. Sechs- und mehrteilige Gummibälle. D. R. P. 466 700 und 487 895*, Ung. P. 97 600* und 99 172*, Ö. P. 111 592* und 115 665*, I. P. 255 571*, Belg. P. 338 963*, Span. P. 100 870* und 100 869*, E. P. 271 355*, Holl. P. 20 494*, Schwed. P. 70 089* und 70 608*, F. P. 62 558*, A. P. 1 820 124*, Can. P. 287 766*, Č. S. R. P. 27 324*.

17. Vierblattball mit zwei Falteinlagen ist im A. P. 1 668 782 von F. T. Roberts geschützt.

Spezialkonstruktionen

18. Drei- und Vierblätterspielzeuge als Spezialkonstruktionen für richtige Lage der Extremitäten und für bessere Haltbarkeit der Nähte. E. P. 276 944 der Radium A. - G. und E. P. 281 933 von H. Lindemann.
19. Stanzwerkzeug für vierblättrigen Hohlkörper siehe A. P. 1 834 078 von Jacob Stein.

Wasserspielzeuge

20. Aufblase-Wasserspielzeuge mit angeklebter Ballasttasche werden durch E. P. 265 050 von W. Hauser,
21. Aufblase-Wasserspielzeuge mit anschnallbarer Ballasttasche durch Ung. P. 98 155*,
22. Aufblasbare Schwimmringe aus drei Blättern mit Falteinlage werden durch A. P. 1 659 248 von A. J. Eldon geschützt.
24. Vierblätterhohlkörper mit unterbrochenem Einsatzring als Schwimmring ausgebildet werden durch D. R. P. 476 165*, Ung. P. 97 137*, Ö. P. 113 708*, I. P. 273 563*, Č. S. R. P. 31 999*, Schwed. P. 70 565*, Pol. P. 12 763*, F. P. 658 473*, E. P. 305 568*, A. P. 1 801 267*, Can. P. 293 410* geschützt. Siehe auch Nr. 10: Dreiblätterhohlkörper mit Falteinlage, die durch innerhalb der Randmarkierung befindliche Nähte in Hohlräume geteilt sind.
25. Mehrkammer - Sicherheits - Strandspielzeuge sind im E. P. 324 076*, Can. P. 300 864*, F. P. 663 067* geschützt.
26. In Aufrechtlage schwimmfähiger Zweiplattenhohlkörper wird im D. R. P. 536 036 der Radium A. - G. geschützt.

Velourierte Spielzeuge

27. Aufblasespielzeuge mit Faserdecke: A. P. 1 901 150*, E. P. 376 456*, Belg. P. 380 420*, F. P. 719 435*, I. P. 299 680*.
28. Aufblasespielwaren mit Faserdecken aus wenigstens zwei verschiedenen Fasersorten: Schwed. P. 78 371*, E. P. 381 525*, Belg. P. 389 182*, F. P. 737 911*.

DIE FABRIKATION NAHTLOSER (GETAUCHTER) KAUTSCHUKWAREN

VON SENATOR F. THIELE, LEIPZIG UND DR. E. WURM, HANNOVER

Unter »nahtlosen« Kautschukwaren versteht man solche, die im Gegensatz zu den »konfektionierten« Artikeln keine Nähte (richtiger Klebstellen) besitzen. Man erzeugt sie durch Eintauchen von Formen in Kautschuklösungen. Obschon es noch nicht lange her ist, daß die heute nahtlos hergestellten Artikel aus Platten zusammengeklebt wurden, ist die Nahtlosigkeit heute etwas Selbstverständliches. Die früher geklebten Fingerlinge, Sauger, Schreibblasen, Spielballons u. a. m. sind fast vollkommen verschwunden, während von Handschuhen nur noch besonders schwere Sonderausführungen konfektioniert werden. Präservative werden überhaupt nur noch im Tauchverfahren hergestellt.

In den Grundzügen ist die Herstellung nahtloser Artikel sehr einfach. Eine passend zusammengesetzte Kautschukmischung wird in einem organischen Quellungsmittel gelöst. In diese werden die Formen je nach der verlangten Wandstärke ein oder mehrere Male getaucht. Nach dem Trocknen erhalten sie einen Verstärkungsrand und werden dann kalt im Chlorschwefeldampf oder -bad oder warm in Heißluft vulkanisiert. Nach dem Abziehen von der Form sind sie fertig.

In der Praxis ergeben sich aber viele Schwierigkeiten. Jeder Fachmann weiß, welche Erfahrung und Sorgfalt dazu gehört, ein wirklich gutes und haltbares Fabrikat herzustellen und Abfälle zu verhindern. Die Wirtschaftlichkeit eines Tauchbetriebes hängt von zahlreichen Faktoren ab, deren genaue Beachtung nur durch dauernde Überwachung und gut geschultes Personal zu erreichen ist. Im folgenden soll versucht werden, die wichtigsten Grundsätze zu erörtern. Da die Hauptoperationen bei allen Artikeln die gleichen sind, sollen die einzelnen Arbeitsgänge für sich behandelt werden. Auf die Verschiedenheiten bei Herstellung der verschiedenen Artikel wird jedesmal hingewiesen werden.

Einteilung des Stoffes

Man unterscheidet zunächst grundsätzlich kalt und warm vulkanisierte Artikel. Da der Hauptteil der Erzeugung auch heute noch kalt vulkanisiert wird, empfiehlt es sich, diese Artikel im Zusammenhang zu besprechen und getrennt auf die Besonderheiten der Warmvulkanisation hinzuweisen. Ferner unterscheidet man transparente und gefüllte Artikel. Die transparenten Artikel sind meist farblos resp. besitzen nur die Naturfarbe des verwendeten Kautschuks. Dazu gehören Präservative, Operationshandschuhe und vor allem der »Kristallsauger«. Die Einführung des Tauchverfahrens und die Verwendung von hellsten Plantagensorten haben in dem einschlägigen Handel geradezu einen Umsturz verursacht. Häufig werden aber transparente Artikel auch farbig verlangt. Nicht nur Spielballons und Schreibblasen sind meist farbig, sondern auch Handschuhe und Sauger müssen, besonders für den Export nach Übersee, gefärbt werden.

Die beiden letztgenannten Artikel werden auch in erheblichem Maße mineralisiert hergestellt. Da hier zahlreiche fabrikationstechnische und gesetzliche Gesichtspunkte zu beachten sind, sollen zuerst die Rohstoffe besprochen werden.

Die Rohstoffe

Während früher das Hauptmaterial Parakautschuk war, hat dieser jetzt zum größten Teil seine Bedeutung verloren. Man verwendet für helle Artikel ausschließlich First Latex Crêpe, für dunkle oder sog. naturfarbige Ia Standard ribbed smoked sheet. Der Vorteil bei Verwendung dieser Sorten liegt zunächst in der größeren Gleichmäßigkeit. Jedenfalls sind die Verschiedenheiten in bezug auf Nerv, Verbrauch an Lösungsmitteln, Vulkanisierungsgeschwindigkeit weit geringer als bei Para. Wenn darauf geachtet wird, möglichst stets die gleichen Kautschuktypen zu benutzen, spielen die noch vorhandenen Unterschiede keine erhebliche Rolle. Ferner ist es meist überflüssig, den Kautschuk einer vorherigen Wäsche zu unterziehen, da die besten Sorten selbst für ganz dünnwandige Artikel rein genug sind. Wo ein Waschen trotzdem gewünscht wird, erfolgt es in der allgemein üblichen Weise (siehe auch Abschnitt »Mischwesen«). Bei hohen Kautschukpreisen wurde viel Faktis für billige, gefüllte Artikel verwendet. Augenblicklich spielt er keine Rolle mehr, da eine technische Notwendigkeit zu seiner Verwendung im Gegensatz zu anderen Artikeln nicht besteht. Regenerat ist niemals zur Anwendung gekommen, da es keine homogenen Dispersionen gestattet. Mineralien können zur Verbilligung oder als Pigmente, Verstärker usw. dienen. Bei der Auswahl ist zunächst das »Gesetz, betreffend den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenständen« vom 5. Juli 1887 zu beachten. Danach dürfen Blei- und Zinkverbindungen für Sauger und Warzenhütchen nicht verwendet werden. Weiße Sauger dürfen daher nicht mit Zinkoxyd oder Lithopone gefärbt werden, sondern man benutzt Zinnoxid (veraltet) oder Titanweiß. Goldschwefel ist dagegen für rote Artikel zugelassen.

Alle Mineralien müssen größtmögliche Kornfeinheit aufweisen, da größere Anteile in dünnwandigen Artikeln Löcher verursachen können. Die wichtigsten Füllstoffe sind Kreide, Kaolin und Schwerspat. Aus dem oben genannten Grunde benutzt man meist feinste Schlämmkreide, besonders gute Kaoline (z. B. Kaadener oder osmotischen Kaolin) und gefällten Schwerspat (blanc fixe). Auch die besten Sorten müssen scharf getrocknet und durch feinste Müllergaze gesichtet werden. Das mit den Einschränkungen des genannten Gesetzes meist verwendete Weißpigment ist Lithopone. Titanweiß dient nur Sonderzwecken, Zinkweiß wird nirgends mehr als Pigment benutzt, wohl aber in warm zu vulkanisierenden Mischungen als Beschleunigeraktivator. Dabei ergibt sich die Schwierigkeit, daß Sauger kein Zink enthalten dürfen. Man kann dies umgehen, indem man als Aktivator Zinkstearat verwendet, das in kleinster Dosis wirksam ist und an Milch- und Essigsäure kein Zink abgibt. Auch eine später zu erwähnende Vulkanisationsweise kann hier Abhilfe schaffen. Im übrigen soll auf den entsprechenden Absatz in dem Artikel »Gummierte Stoffe« hingewiesen werden, wo über Füll- und Farbstoffe das

Nötige gesagt ist. Bleioxyd wird nur für einen Artikel verwendet, und zwar für Röntgenhandschuhe.

Vorbereitung des Kautschuks — Herstellung der Mischungen

Ungewalzter Kautschuk erfordert sehr große Mengen an Lösungsmitteln und gibt auch dann noch keine glatten Quellungen. Um dies mit einer wirtschaftlich tragbaren Menge an Lösungsmitteln zu erreichen, muß der Kautschuk gründlich aufgebrochen werden. Dies erfolgt bekanntlich am schnellsten und gründlichsten auf kalten Walzen. Besonders bei der Bearbeitung von hellem Crêpe für Kristallsauger muß man sich vor Überhitzung wahren, da darunter die Farbe erheblich leidet. Eine bedeutende Verbesserung und Beschleunigung des Walzeffektes kann man durch Zusatz guter Erweichungsmittel erreichen. Es gibt solche in großer Zahl; von den meisten genügt bei gefüllten Mischungen ein Zusatz von 1%, bei Reinkautschuk von 2 bis 3% auf den Kautschukgehalt. Das Einmischen der Zusätze erfolgt in üblicher Weise. Die Dauer des Walzens hängt ab von der verwendeten Kautschuksorte, von der Größe und Friktion der Walzen und muß daher ausprobiert werden. Wenn der Kautschuk die richtige Plastizität erreicht hat, wird er abgeschnitten und meist in blechbeschlagenen Regalen einige Tage staubfrei gelagert.

Herstellung der Lösungen

Wurde der gewalzte Kautschuk nicht sofort weiterverarbeitet, so muß er vor dem Einbringen in die Löseapparate auf Walzen aufgewärmt und in dünne Felle gezogen werden. Stark gefüllte Mischungen kann man sogleich in die Lösemaschinen einbringen. Kautschukreiche werden zunächst in besonderen Bottichen mit etwa dem gleichen Volumen des Lösungsmittels vorgequollen. Auch hier ist Benzin von den Siedegrenzen 100 bis 125° das beste und meist verwendete. (Näheres über Lösungsmittel siehe im Abschnitt »Gummierte Stoffe«.) Man kann mit der Auswahl und Kontrolle des Benzins nicht vorsichtig genug sein. Viele unerklärlich scheinende Fehler finden in nicht ausreichend kontrollierten Betrieben ihre einfache Aufklärung in einer Schwankung in der Zusammensetzung des Benzins. Leicht siedende Anteile verdunsten vorschnell. Sie verursachen somit ein Eindicken der Lösung; ferner erzeugen sie oft infolge der Verdunstungskälte einen Tauniederschlag auf den getauchten Artikeln, der die Ware unansehnlich und oft unbrauchbar macht. Hochsiedende Anteile trocknen nicht aus und machen die Ware weich und klebrig. Es ist daher ratsam, wenn jede neue Benzinsendung vor der Freigabe im Englerschen Benzindestillierapparat geprüft wird.

Das Lösen erfolgte früher meist in horizontalen Lösetrommeln. Wegen ihrer geringen Leistung benutzt man in neuzeitlich eingerichteten Werken stehende Rührwerke oder Lösungsknetter, letztere oft mit besonderem Kühlmantel. Zwei besonders häufige Typen zeigen die Abb. 747 und 748. In diese wird die trockene oder vorgequollene Mischung eingebracht und zunächst mit möglichst wenig Benzin zu einer glatten Paste gerührt. Erst wenn alle Knoten verschwunden sind, wird durch portionsweisen

Zusatz von Benzin auf die gewünschte Konsistenz verdünnt. Die fertige Lösung muß von einem eingetauchten Spatel glatt abfließen und darf nicht kurz abreißen. Im letzteren Falle ist der Kautschuk nicht genügend gewalzt worden. Eine Verbesserung des Fehlers ist nur durch vermehrten Zusatz an Benzin auszugleichen, was Verteuerung an Material und durch Vermehrung der Tauchungen auch an Löhnen und Unkosten bedeutet. Dem richtigen Walzen und Lösen ist daher die allergrößte Aufmerksamkeit zu widmen.



Abb. 747. Stehendes Rührwerk
(H. Schirm, Leipzig)



Abb. 748. Lösungskneiter
(H. Schirm, Leipzig)

Der Benzinverbrauch — der sog. »Ansatz« — schwankt mit der Zusammensetzung der Mischung. Bei Reinkautschuk ist heute ein Ansatz von $5\frac{1}{2}$ bis 6 kg Benzin auf 1 kg Kautschuk üblich. Präservativlösungen wurden früher meist dünner angesetzt, doch ist dies bei gut gewalztem Kautschuk nicht erforderlich. Mineralisierte Mischungen erfordern je nach Kautschukgehalt etwa $3\frac{1}{2}$ bis 4 kg Benzin auf 1 kg Mischung.

Die fertigen Lösungen können nicht sofort verbraucht werden, da beim Walzen und Lösen ganz erhebliche Luftmengen eingepreßt worden sind, die nur langsam wieder entweichen. Zum Klären der Lösungen bewähren sich am besten hohe Standgefäße aus Zinkblech, die aber luftdicht verschlossen sein müssen. Dies verhindert Verluste an Benzin und die oberflächliche Eindickung der Lösung (Bildung einer »Haut«, die zugleich das Entweichen der Luftblasen unmöglich macht). In diesen Standgefäßen verbleibt die Lösung, bis eine Probe das Verschwinden der Luftblasen anzeigt. Hierzu sind je nach Zähflüssigkeit 4 bis 8 Tage notwendig.

Die Tauchapparate und die Formen

Abb. 749 zeigt die am weitesten verbreitete Form der Tauchapparate. Abb. 750 zeigt einen Tauchapparat im Längs- und Querschnitt. Sie bestehen aus einem rechteckigen Unter- und einem zylindrischen Oberteil.

Der erstere enthält den Behälter für die Kautschuklösung (Tauchtank). Er ist fahrbar und steht auf einer mit Schienen versehenen Hebebühne, die in kleinen Betrieben mit einer Handkurbel, in größeren hydraulisch gehoben werden kann. Das Senken kann stets durch ein Ventil in weiten Grenzen in der Geschwindigkeit geregelt werden. Diese Ventile sind in Abb. 749 rechts von dem unteren Beobachtungsfenster des zylindrischen

Teiles zu sehen. Darüber befindet sich eine Handkurbel, vermittels deren der in Abbildung 750 sichtbare Rahmenträger gedreht werden kann. Das oberste Fenster dient zur Beobachtung und zum Auswechseln der Rahmen. Oben ist ein mit Drosselklappe versehener Stutzen sichtbar, der zum Absaugen der Benzindämpfe dient. Der Rahmenträger besteht aus einer durchgehenden Achse, die an der Rückwand einen Schneckentrieb besitzt, durch den sie von einer Transmission aus gedreht werden kann. Die Achse trägt zwei oder vier über Kreuz angeordnete Schlittenführungen zur Aufnahme der Form-

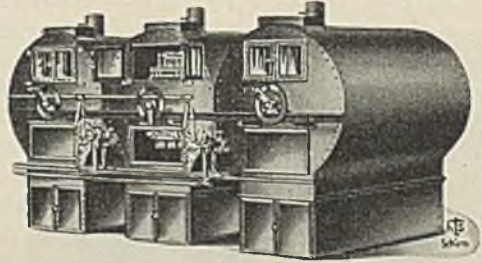


Abb. 749. Tauchapparate ohne Rückgewinnung
(H. Schirm, Leipzig)

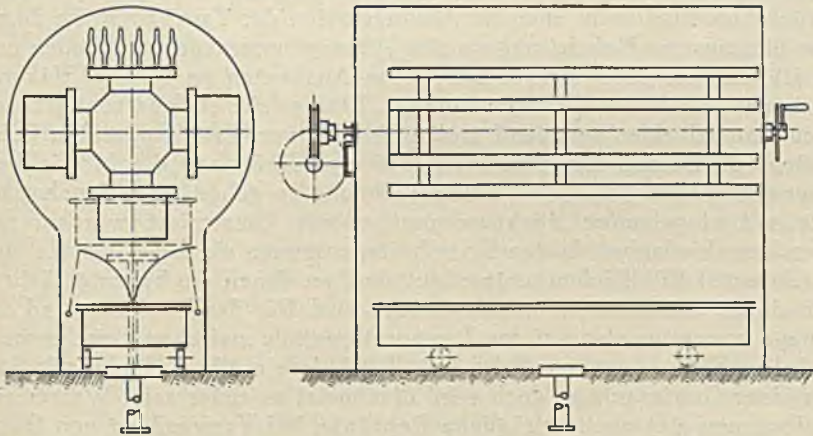


Abb. 750. Quer- und Längsschnitt durch einen Tauchapparat für Sauger

rahmen. Diese sind aus Winkeleisen angefertigt und säurefest lackiert. Die Formen bestehen aus Holz, Glas, Porzellan oder — selten — Aluminium. Holzformen werden stets mit einem unlöslichen Lacküberzug versehen, z. B. Zaponlack. Sie werden fast ausschließlich für Sauger und Handschuhe gebraucht, sind aber nur für Kaltvulkanisate geeignet. Präservative wurden schon immer auf Glasformen getaucht, da die sehr dünne Kautschukhaut sich von Holzformen nicht gut abziehen läßt. Seit einigen Jahren werden ganz all-

gemein Formen aus Glas oder Porzellan bevorzugt, obwohl sie schwerer und weniger haltbar sind als solche aus Holz. Die Gründe hierfür sind die glattere Oberfläche und die Verwendbarkeit für die Warmvulkanisation. Da die nahtlosen Artikel in außerordentlich viel verschiedenen Ausführungen angefertigt werden, ist der Bedarf an Formen selbst einer mittleren Tauchfabrik sehr beträchtlich. Abb. 751 zeigt eine kleine Auswahl.

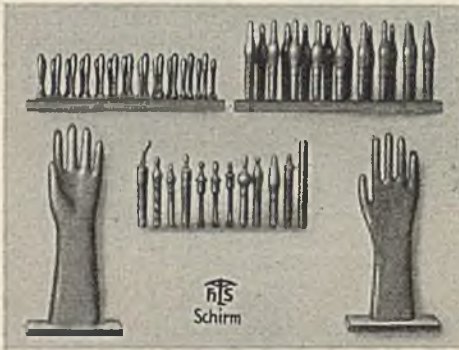


Abb. 751. Formen für Sauger und Handschuhe

Die Formen werden in Holzbrettern (Leisten) eingeleimt oder -gekittet; größere Formen in einfacher Reihe, kleinere (Sauger) in zwei Reihen auf Luke. Die Tauchapparate werden meist in zwei Größen angefertigt. Die größeren nehmen zwei Rahmen für Präservative, Handschuhe oder Ballons auf und fassen z. B. 400 Präservative. Die kleineren haben vier Rahmen und fassen etwa 1600 große Sauger oder entsprechend mehr kleine (Siphonsauger).

Bei der beschriebenen Bauart ist keine Rückgewinnung des Benzins vorgesehen. Man kann aber die Absaugstutzen der Tauchapparate durch eine gemeinsame Rohrleitung an eine Absorptionsanlage anschließen und erhält mit diesem Verfahren sehr hohe Ausbeuten an Benzin. Näheres siehe den Abschnitt »Rückgewinnung«. Eine solche Anlage rentiert sich aber erst bei einer genügend großen Anzahl von Tauchapparaten (mindestens 30 Stück). Um nun auch kleineren Betrieben die Möglichkeit einer wenn auch geringeren Rückgewinnung zu geben, sind Tauchapparate mit eingebauter Rückgewinnungsanlage konstruiert worden. Bei aller Verschiedenheit in den Einzelheiten stimmen sie darin überein, daß im Unterteil Kühlflächen angeordnet sind, an denen die benzingesättigte Luft durch Ventilatoren vorbeigedrückt wird. Für den Wirkungsgrad der Anlage kommt es also auf das Temperaturgefälle zwischen dem Formen- und dem Kühlraum an. Sehr gute Ergebnisse ergibt Kühlung mit Sole aus einer Gefrieranlage, doch wird dies meist zu teuer sein. Wasser aus Tiefbrunnen gibt noch erträgliche Resultate, bei Verwendung von Oberflächenwasser wird man kaum nennenswerte Erfolge haben. Dies führt noch einen weiteren Nachteil mit sich. Die Trockengeschwindigkeit hängt von der Vorsättigung der umgebenden Luft ab; je größer diese ist, desto länger dauert der einzelne Tauchvorgang. Durch mäßige Erhöhung der Temperatur im Formenraum kann man sowohl das Temperaturgefälle wie die Trockengeschwindigkeit verbessern, doch kann man hierin nicht sehr weit gehen, da erfahrungsgemäß bei Temperaturen über 35° leicht Blasenbildung auftritt, wodurch die Ware natürlich entwertet wird. Tauchapparate mit eingebauter Rückgewinnung bedürfen daher besonders sorgfältiger Überwachung.

Das Tauchen

Die Kautschuklösung, in der sich keine Luftblasen mehr befinden dürfen, wird in die Tauchtanks gefüllt. Da trotz aller Vorsicht beim Umgießen immer etwas Luft mitgerissen wird, nimmt man das Füllen — und ebenso das Ergänzen verbrauchter Lösung — bei Schluß der Arbeit vor, damit alle Blasen über Nacht entweichen können. Dies wird erleichtert, wenn man auf die Lösung etwas Benzin gibt; dies verhütet auch weitgehend die Bildung einer angetrockneten Haut. Eine solche muß natürlich vor dem Tauchen entfernt werden.

Ist der Apparat mit den gründlich gereinigten, besonders fettfreien Formen beschickt, so wird der Tauchtank geöffnet und gehoben. Die untenliegenden Formen müssen natürlich genau senkrecht stehen, damit sie gleichmäßig in die Lösung eintauchen. Hierzu befinden sich an der vorderen Kurbel Stifte, die in entsprechende Rasten eingreifen. Die Hubgeschwindigkeit kann bei glatten Formen größer genommen werden als bei gebogenen oder unterbrochenen Profilen. Keinesfalls aber darf so schnell getaucht werden, daß die Lösung an der Eintauchstelle sich überschlägt und Luftblasen mitreißt. Besonders empfindliche Stellen sind die Spitzen der Formen und noch mehr die Fingerwinkel bei Handschuhen. Hier setzen sich bei zu schnellem Tauchen Luftblasen fest, die nicht mehr beseitigt werden können. Um stets bis zu derselben Tiefe tauchen zu können, werden die meisten Formen mit einer Marke versehen. Sobald diese Tauchtiefe erreicht ist, läßt man den Tank einen Augenblick stehen, bis sich die Oberfläche beruhigt hat, und läßt ihn dann wieder heruntergehen. Dies muß sehr langsam erfolgen, damit die zurückbleibende Schicht nur dünn ist. Dicke Schichten verlaufen ungleichmäßig und trocknen nicht vollständig durch. Das hat zur Folge, daß bei späteren Tauchungen sich immer Luftblasen bilden, die nicht zu entfernen sind. Je viskoser also die Kautschuklösung ist, desto langsamer ist der Tank zu senken. Trotzdem kann man innerhalb der angedeuteten Grenzen die Tauchgeschwindigkeit und damit die Schichtdicke ändern. Bei mehrmals zu tauchenden Artikeln nimmt man daher die höchstzulässige Geschwindigkeit, während man bei den nur einmal getauchten Präservativen äußerst langsam arbeitet, um die erforderliche dünne Schicht (0,05 mm) zu erhalten.

Sobald der Tank soweit gesunken ist, daß die Formen freiliegen, werden sie um 180° gedreht. Etwa anhängende Tropfen verteilen sich dabei. Sodann läßt man die Achse langsam rotieren, damit die Lösung gleichmäßig antrocknet, ohne zu verlaufen.¹ Erst wenn der Kautschukfilm so fest geworden ist, daß letzteres nicht mehr zu befürchten ist, taucht man den gegenüberliegenden Rahmen und schließlich auch die beiden anderen. Ein vollständiger Tauchprozeß erfordert bei vier Rahmen etwa eine Stunde. Es ist streng darauf zu achten, daß die nächste Tauchung nur auf der vollständig getrockneten Schicht vorgenommen werden darf.

¹ In Amerika finden vielfach für die Herstellung von Präservativen und Spielballons Tauchapparate Anwendung, deren Rahmen feststehend sind. Die Tauchung muß hier besonders langsam erfolgen. Kleine Verdickungen an den Spitzen sind nicht ganz zu vermeiden. (Anmerkung des Herausgebers.)

Dies ist um so wichtiger, je dicker die vorhandene Schicht bereits ist. Das mit dem neuen Auftrag aufgebrachte Lösungsmittel verdunstet ja nicht nur, sondern diffundiert auch nach innen in die schon vorhandene Kautschukschicht. Wird daher nicht jedesmal gründlich getrocknet, so wird die Innenschicht weich und blasig. Von allergrößter Bedeutung ist dies für Artikel, die warm vulkanisiert werden sollen, da auch fast unsichtbare Bläschen bei der Erwärmung auf 100° deutlich sichtbar werden. Die Anzahl der Tauchungen beträgt bei Spielballons und leichten Handschuhen zwei bis drei, bei Saugern bis zu zwölf. Da besonders bei dickwandigen Artikeln das Stückgewicht eine beträchtliche Rolle spielt, pflegt man vor der letzten Tauchung von jedem Rahmen einige Stücke abzuziehen und zu wägen. Je nach dem noch fehlenden Gewicht muß dann schneller oder langsamer getaucht werden.

Nach Beendigung des Tauchprozesses werden die fertigen Rahmen aus dem Apparat entfernt und durch neue ersetzt. Die auf den Formen befindlichen Kautschukfilme sind trotz guten Trocknens noch sehr weich und können nicht sofort weiterbearbeitet werden. Man läßt sie daher noch einige Stunden bis Tage in einem luftigen, staubfreien Raum stehen, damit sie vollkommen austrocknen und nachhärten. Nur bei Präservativen ist eine Lagerung nicht erforderlich, dagegen müssen schwere Sauger ein bis zwei Tage nachtrocknen. Es ist einleuchtend, daß dies den Formenetat der Fabrik schwer belastet.

Sobald der Kautschuk genügend erhärtet ist, werden alle Tauchartikel gerändert. Sie erhalten also durch Anrollen des unteren Randes einen runden Wulst, der das Abziehen erleichtert und später ein Einreißen erschwert. Es gibt bereits einige mechanische Rändermaschinen, aber bei der Vielzahl der Formen überwiegt hier noch die Handarbeit. Das Rändern ist vorwiegend Frauenarbeit. Eine Ausnahme bilden Präservative, die laut gesetzlicher Vorschrift in Deutschland von Frauen und Jugendlichen nicht hergestellt werden dürfen. Man ist also hier auf die teurere und auf diesem Sondergebiet auch schlechtere Männerarbeit angewiesen.

Die Kaltvulkanisation

Sowohl die Vulkanisation im Chlorschwefeldampf wie die im Bad werden angewendet, die erstere zur Vulkanisation dünnwandiger Artikel und für einige Sonderzwecke, die zweite für alle dickwandigen Artikel.

* Die Schränke für die Vulkanisation im Chlorschwefeldampf (Dunstschränke) sind meist aus Holz gebaut und tragen innen vorspringende Leisten, auf die die Formrahmen aufgesetzt werden können. Am Boden befindet sich eine eiserne Pfanne, die den Chlorschwefel aufnimmt und mit Dampf geheizt wird. Ferner hat der Schrank ein Abzugsrohr mit kräftigem Ventilator. Während der eigentlichen Vulkanisation kann das Rohr durch eine Drosselklappe geschlossen werden. Die zur ausreichenden Vulkanisation ausreichende Menge Chlorschwefel muß empirisch ermittelt werden, da sie von Größe und Bauart des Schrankes, der Temperatur und der Witterung stark abhängig ist. Der Raum, in dem die Schränke stehen, soll nach Möglichkeit trocken und warm sein. In der

kalten Jahreszeit ist er ständig, also auch über Nacht, zu heizen, damit sich in den Schränken keine Feuchtigkeit ansammeln kann. Aus diesem Grunde soll auch die Chlorschwefelpfanne ständig unter Dampf stehen. Günstig wirkt es auch, wenn während der Betriebspausen Schalen mit Trockenmitteln (gebr. oder Natronkalk) hineingestellt werden. Die peinlichste Beobachtung dieser Regeln ist notwendig, um haltbare Präservative zu bekommen. Wenn der Schrank mit Präservativen gefüllt ist, werden Türen und die Drosselklappe geschlossen und das erforderliche Quantum Chlorschwefel auf die Pfanne gegossen. Die günstigste Temperatur liegt bei 30 bis 35°; sie schwankt etwas nach den örtlichen Bedingungen. Vielfach wird empfohlen, den Chlorschwefel mit dem gleichen Volumen Tetrachlorkohlenstoff zu verdünnen, da angeblich hierdurch ein besseres Eindringen und dadurch gleichmäßigere Vulkanisation bewirkt wird. Eine Notwendigkeit zu dieser Maßnahme besteht aber keineswegs. Die Vulkanisation dauert etwa $\frac{1}{2}$ Stunde. Danach müssen die Präservative gründlich gelüftet werden, damit der nicht verbrauchte Chlorschwefel und etwa gebildete Säure restlos entfernt werden. Zu diesem Zweck wird die Drosselklappe geöffnet und mindestens $\frac{1}{4}$ Stunde lang ein kräftiger Luftstrom durch den Schrank gesaugt. Nach Beenden des Lüftens sollen die Präservative nicht mehr nach Chlorschwefel riechen.

Die außerordentlich dünne Kautschukhaut läßt sich trocken nicht von den Formen abziehen. Außerdem ist die Oberfläche immer noch stark klebrig. Man muß die Präservative daher pudern. Als Pudermaterial dient für transparente Ware Bärlappmehl (*Lycopodium*), für elfenbeinfarbige Maismehl, für die sog. »Seidenpräservative« feinstes Talkum oder Glimmer (Moac). Das Pudermaterial wird in Leichtbenzin aufgeschwemmt und die Präservative werden, mehrere Formleisten auf einmal, eingetaucht. Hierdurch überziehen sie sich mit einer feinen Puderschicht und quellen etwas an, so daß sie sich nunmehr leicht von den Formen abziehen lassen. Dabei werden sie gewendet. Man wirft sie in einen Behälter mit Puder und wälzt sie darin, damit auch die linke Seite die Klebrigkeit verliert. Nach dem Trocknen, das bei gutem Leichtbenzin sehr schnell erfolgt, kann man sie noch trommeln, um den Überschuß an Puder zu entfernen. Endlich müssen alle Präservative durch leichtes Aufblasen mit Preßluft auf Dichtigkeit geprüft werden.

Wenn die fertige Ware nicht sofort versandt wird, muß sie in dunklen, kühlen und luftigen Räumen locker gelagert werden. Nur so ist eine längere Lagerfrist ohne Verderben zu erreichen. Es ist ganz falsch, alle Präservative, auch die Lagerware, unmittelbar nach der Prüfung in der bekannten Weise zu rollen und zu verpacken. Diese Aufbewahrungsweise schließt die Ware von der Luft ab. Säurespuren können daher sich nicht verflüchtigen und dadurch zersetzt sich der Kautschuk ziemlich schnell. Zunächst treten bräunliche Flecken und Streifen auf, und bald bemerkt man den bekannten sauren Geruch. Gleichzeitig ist der Kautschuk weich geworden und besitzt keine mechanische Festigkeit mehr; die Ware ist verdorben. Es ist ratsam, alle Präservative mindestens eine Woche lang vor dem Verpacken recht luftig zu lagern, damit alle Säurespuren sich vollständig verflüchtigen können.

Die meisten anderen Artikel werden im Chlorschwefelbad vulkanisiert, da die Eindringungstiefe des Dampfes höchstens $\frac{1}{10}$ mm beträgt. Eine Ausnahme bilden die sog. emaillierten Sauger. Diese, meist aus gefüllten Mischungen hergestellt, erhalten zum Schluß einen Überzug aus stark verdünnter Crèpelösung. Damit die Emaille blank bleibt, wird sie im Chlorschwefelbad vorvulkanisiert, was auf dieselbe Weise erfolgt wie bei Präservativen.

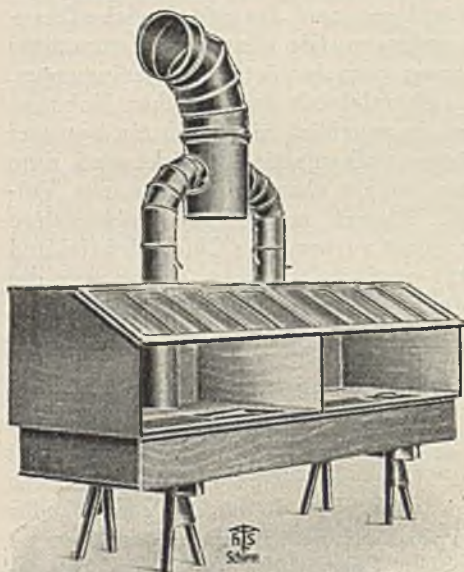


Abb. 752. Kaltvulkanisieranlage
(H. Schirm, Leipzig)

Zersetzung und Säurebildung durch Feuchtigkeit hintanzuhalten. Die Stärke des Bades richtet sich nach der Wandstärke der Artikel. Es ist besser, ein verdünnteres Bad anzuwenden und etwas länger zu tauchen, damit der Kautschuk gut quillt und genügend Chlorschwefel aufnimmt. Für Operations- und leichte Haushaltshandschuhe wird oft schon ein 2proz. Bad ausreichen. Man taucht hier etwa 5 bis 10 Sekunden ein. Dasselbe Bad kann man auch zum Vorvulkanisieren schwerer Handschuhe und Sauger benutzen. Bei diesen hat das Bad nur den Zweck, die Ware formbeständig zu machen, damit man sie abziehen und von links nochmals vulkanisieren kann.

Die dünnwandigen Artikel, zu denen auch Fingerlinge, Schreibblasen und Spielballons gehören, sind mit der einmaligen Vulkanisation fertig. Sie werden nach dem Tauchen in Trockenschränke gestellt und durch kräftige Ventilation getrocknet und entsäuert. Bei den meisten Artikeln verbleiben die Formen im Trockenschrank, bis sie durchaus erhärtet sind. Spielballons werden dagegen herausgenommen, sobald sie einigermaßen fest geworden sind und sofort abgezogen. Dies erfolgt unter reich-

Die Vulkanisierbäder bestehen ganz überwiegend aus Leichtbenzin, das 2 bis 6 Volumprozent Chlorschwefel enthält. Früher wurde Schwefelkohlenstoff bevorzugt, doch ist man aus den im Abschnitt »Gummierte Stoffe« näher dargelegten Gründen davon abgekommen. Bei Kristallsaugern kommt noch dazu, daß Schwefelkohlenstoffbäder dem Kautschuk einen unangenehmen bläulichen Schimmer verleihen, während er im Benzinbad vollständig klar bleibt.

Abb. 752 zeigt eine Kaltvulkanisieranlage. Sie besteht aus einem gut ziehenden Abzug, in dem sich die Steinzeugtröge für das Bad befinden. Auch hier, wie bei gummierten Stoffen, ist es ratsam, dem Bad etwas Natronkalk zuzusetzen, um die

licher Verwendung von Puder. Sogleich nach dem Abziehen werden die Ballons mit Druckluft auf ihre endgültige Größe aufgeblasen und verbleiben so, bis sie ganz durchgetrocknet sind. Diese Operation bedarf größter Erfahrung und Vorsicht.

Alle anderen Artikel werden trocken eingepudert und unter Wenden nach links abgezogen. Nachdem sie auch auf der linken Seite gepudert worden sind, werden sie wieder gewendet. Betreffs Lagerung und Verpackung gelten die gleichen Grundsätze wie bei Präservativen.

Oben wurde schon bemerkt, daß dickwandige Artikel zweimal vulkanisiert werden müssen. Die erste Vulkanisation erfolgt im Chlorschwefeldampf oder häufiger im verdünnten Bad. Dadurch werden die Artikel zwar ziemlich formbeständig, kleben aber noch sehr stark, besonders auf der noch unvulkanisierten Innenseite. Man zieht sie daher unter Wasser ab, wobei sie gewendet werden, und stülpt sie unter Wasser wieder um.



Abb. 753. Vulkanisierrechen

Es ist empfehlenswert, die Sauger vor dem Eintauchen mit Natriumbikarbonat einzustäuben. Dadurch wird etwa noch vorhandene Säure neutralisiert und durch die Verringerung der Schlüpfrigkeit das Abziehen erleichtert. Die anhaftende Feuchtigkeit muß jetzt gründlich entfernt werden. Am schnellsten trocknet man, indem man die nassen Sauger in Spiritus abspült und dann in einer langsam rotierenden Trommel bei mäßiger Wärme — nicht über 35° — durch einen kräftigen Luftstrom trocknet. Empfindliche Artikel, Handschuhe u. dergl., müssen dagegen nach links gewendet und freistehend getrocknet werden. Auch die zweite Vulkanisation erfolgt hier an dem gewendeten Artikel; erst nach völligem Trocknen und Einpudern kann die rechte Seite nach außen gekehrt werden.

Sauger werden meist auf die in Abb. 753 gezeigten Vulkanisierrechen gesteckt und kurze Zeit in das Bad eingetaucht. Bequemer und billiger ist es, die Sauger in einen Korb aus durchlochttem Zinkblech zu schütten und diesen, der mit einem Deckel verschlossen ist, in das Bad einzutauchen. Wenn keine Luftblasen mehr aufsteigen, ist man sicher, daß alle Sauger von der Flüssigkeit gespült werden. Man hebt dann den Korb heraus, läßt die Flüssigkeit möglichst vollständig ablaufen und schüttet die Sauger auf Horden, die mit gut saugfähiger Strohnappe belegt sind. Sofort im Anschluß wird getrocknet und gelüftet. Falls erforderlich, kann das Waschen mit Natron wiederholt werden; bei neutralen Bädern und sorgfältigem Arbeiten sollte es überflüssig sein.

Die Stärke der Bäder und die Dauer des Eintauchens muß bei der zweimaligen Vulkanisation genau gegeneinander abgewogen werden. Die Vulkanisationszonen sollen nicht übergreifen, da hierdurch das Innere

überevulkanisiert wird und schnell verdirbt. Aber auch eine breite unvulkanisierte Zone ist schädlich, abgesehen davon, daß solche Sauger zu weich sind. Um dies kontrollieren zu können, schneidet man einen Sauger mit einer scharfen Schere durch und taucht die Schnittfläche in das Bad. Unvulkanisierte Teile quellen hierbei stärker als die vulkanisierten, so daß die Tiefenwirkung der beiden Vulkanisationen genau zu erkennen ist. Zeigt sich nur eine haarfeine Quellungslinie, so ist dies ein Zeichen guter Vulkanisation. Der Rand vulkanisiert niemals durch, was aber für den Gebrauch nicht allzuviel schadet.

Die Warmvulkanisation

In manchen Ländern, z. B. Frankreich, ist der Gebrauch kaltvulkanisierter Sauger verboten. Hier benutzt man eine eigentümliche Form der Warmvulkanisation. Die fertig getauchten und geränderten Sauger werden einige Stunden in ein Bad von geschmolzenem Schwefel eingetaucht. Hier verbindet sich ein Teil des Schwefels mit dem Kautschuk, während ein größerer Teil nur hineindiffundiert und später beim Erkalten wieder auskristallisiert. Solche Sauger erscheinen daher immer grau und trübe. Die aus dem Bad genommenen Sauger werden nach dem Erkalten abgezogen. Da sie mit einer dicken Schwefelkruste bedeckt sind, werden sie zunächst grob gereinigt und dann mit Sand getrommelt. Um ihnen ein besseres Ansehen zu geben, werden sie noch mit Sodalösung ausgekocht. Trotzdem bleiben sie weit hinter den Kristallsaugern zurück, was das Aussehen betrifft.

Die Einführung moderner Vulkanisationsbeschleuniger hat hier große Fortschritte gebracht. Es ist möglich, alle Artikel warm zu vulkanisieren, wobei sie in sehr ansprechender Form anfallen und sich vor den kaltvulkanisierten durch ihre erheblich größere Lagerbeständigkeit auszeichnen. Das Verfahren ist im Prinzip sehr einfach. Man mischt den Kautschuk mit Schwefel, Zinkoxyd und eventuell einem mäßig starken Beschleuniger, löst in Benzin und taucht wie gewöhnlich. Die kurze Vulkanisationszeit bei mäßiger Temperatur erreicht man durch Zusatz von Ultrabeschleunigern. Es ist nun nicht ohne weiteres möglich, diese der Tauchlösung zuzusetzen, da in diesem Falle die Lösung durch beginnende Vulkanisation innerhalb weniger Tage geliert. Aus diesem Grunde benutzt man verdünnte Lösungen der Ultrabeschleuniger in Benzol. In diese Lösung taucht man die Formleisten, wobei der Beschleuniger in den Kautschuk eindringt und beim Verdunsten des Lösungsmittels darin zurückbleibt. Nach gründlichem Trocknen wird in heißer Luft bei etwa 100° vulkanisiert.

In der Praxis ergeben sich jedoch einige Schwierigkeiten, die eine genaue Überwachung notwendig machen. Bei Präservativen bestehen diese hauptsächlich darin, daß die verwendeten Materialien vollständig kornfrei sein müssen, um Ausschuß zu vermeiden. Bei dickeren Artikeln leidet auch die Transparenz bei Verwendung von Zinkweiß als Beschleunigeraktivator. Schließlich ist die Verwendung von Zinkoxyd selbst in Mengen von nur 1/2% für Sauger bedenklich, da wie oben bereits angedeutet, sich nach mehrtägigem Liegenlassen der Sauger in verdünnter Essigsäure

deutlich erkennbare Mengen Zink darin nachweisen lassen. Um alle diese Schwierigkeiten zu umgehen, kann man zwei verschiedene Wege einschlagen. Der eine geht von einer normalen Kautschukmischung aus, benutzt aber an Stelle von Zinkoxyd Zinkstearat. Bei passender Wahl der Beschleuniger ist die Vulkanisation sehr gut. Da Zinkstearat in Kautschuk und bei den in Betracht kommenden Mengen auch in Benzin löslich ist, so kann weder eine Kornbildung noch eine Trübung des Kautschukfilms eintreten. Ein anderes Verfahren² geht einen ganz anderen Weg.

Hierbei benutzt man zum Tauchen gewöhnliche Kautschuklösung ohne jeden Zusatz. Zum Nachtauchen wird ein Bad verwendet, das man erhält, indem man in Benzol Ultrabeschleuniger, Schwefel und Zinkoxyd einträgt und einige Zeit schüttelt. Schwefel und Beschleuniger lösen sich vollständig, vom Zinkoxyd ein zum Aktivieren der Beschleuniger ausreichendes Quantum. Auch bei diesem Verfahren müssen naturgemäß klar transparente Vulkanisate entstehen, deren Zinkgehalt keine Veranlassung zu Beanstandungen geben kann.

Gleichgültig, nach welchem Verfahren man arbeitet, sind dieselben Vorsichtsmaßregeln zu beachten. Die Tauchlösung muß wirklich vollkommen frei von Luftblasen sein und das Trocknen hat besonders gründlich zu erfolgen. Es ist zu bedenken, daß bei der späteren Erwärmung auf 100° auch die kleinsten Bläschen und die geringsten Spuren Lösungsmittel als große Blasen sichtbar werden. Auch das Trocknen nach dem Nachtauchen muß gründlichst erfolgen, weshalb man die Formen mindestens über Nacht in einem gut ventilierten Raum stehenlassen sollte.

Die Lösung der Ultrabeschleuniger wird meist etwa 3proz. genommen. Die Eintauchdauer richtet sich nach der Wandstärke und beträgt bei Präservativen etwa 3 Sekunden, bei Handschuhen und Saugern bis zu 10 Sekunden. Das Rändern erfolgt vorteilhaft bald nachdem die Artikel einigermaßen trocken geworden sind; nachher müssen sie aber noch gut trocknen (siehe oben).

Die geschilderten Verfahren haben aber einen Nachteil, nämlich daß die Ultrabeschleuniger nur von außen einwirken. Dadurch ist die Wandstärke der Artikel begrenzt, da entweder der Beschleuniger nicht tief genug eindringt oder aber bei stark verlängerter Tauchzeit der Kautschuk zu weich wird und leicht erheblicher Deformation unterliegt. Ferner bedeutet das Nachtauchen immer einen besonderen Arbeitsgang. Endlich müssen von den teuren Ultrabeschleunigern große Mengen in Lösung bereitgehalten werden. Selbst wenn man die Lösung in Behältern aus Steinzeug, Glas oder Emaille aufbewahrt — Eisenbehälter sind ganz unbrauchbar — ist die Haltbarkeit doch nur begrenzt. Das Ideal wäre eine Tauchlösung, die alle notwendigen Bestandteile enthält, also auch die Ultrabeschleuniger, und die trotzdem dauernd flüssig bleibt. Eine wertvolle Neuerung bilden daher gewisse Vulkanisationsbeschleuniger, die

² Andriessen, A., Kautschuk Bd. 8 (1932) S. 174

die Eigenschaft haben, den Einsatz der Vulkanisation bei Ultrabeschleunigern erheblich zu verzögern. Es sind neuerdings solche Beschleuniger im Handel erschienen, denen eine gute Wirkung nachgerühmt wird. Ein anderer, zum Patent angemeldeter Weg besteht darin, daß man einen Aktivator benutzt, der bei gewöhnlicher Temperatur unwirksam ist. Als solcher hat sich reinstes Zinkstearat erwiesen. Man kann also, wenn man an Stelle von Zinkoxyd das Stearat nimmt, der fertigen Tauchlösung die berechnete Menge der Ultrabeschleuniger in gesättigter benzolischer Lösung zusetzen, ohne daß die Lösung vulkanisiert. Ob die beiden genannten Verfahren sich im Großbetrieb durchsetzen und bewähren werden, kann erst die Zukunft lehren.

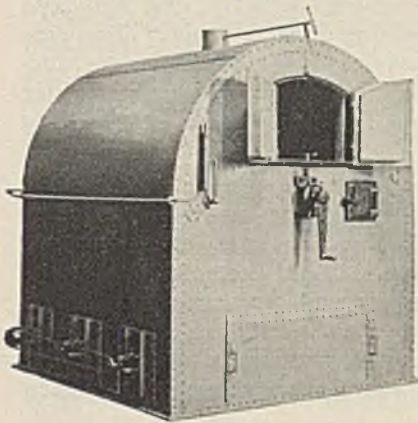


Abb. 754. Heißluft-Vulkanisierschrank für nahtlose Artikel (Gebr. Kreisel, Keula)

Bei der Herstellung der Mischungen und Lösungen ist zu beachten, daß übermäßige Erwärmung sehr schädlich ist, da meist schon in der Mischung ein Beschleuniger enthalten ist. In irgendeinem Stadium überhitzte Lösungen zeigen Neigung zum Gelieren, während sie bei kalter Herstellung unbeschränkt haltbar sind. Dieser Punkt ist von überragender Bedeutung, da die Tauchtanks niemals leergetaucht werden, sondern ihr Inhalt immer wieder aufgefüllt wird. Es kommen daher stets Lösungen verschiedensten Alters zusammen; eine kleine Menge anvulkanisierter Lösung verdirbt natürlich sofort den ganzen Inhalt des Tanks.

Unter Beachtung der vorstehend geschilderten Maßregeln findet das Tauchen und Rändern genau so statt wie bei Kaltvulkanisaten. Eine neue Apparatur wird nur für die Vulkanisation erforderlich. Diese findet vorwiegend in heißer Luft statt. Die hierzu benötigten Schränke werden mit Dampf oder elektrisch geheizt. Die konstruktiven Einzelheiten sind bei den verschiedenen Fabrikaten sehr mannigfaltig. Es kommt auf diese auch gar nicht an, wenn nur zwei Bedingungen erfüllt sind: die gewünschte Temperatur muß genau einstellbar sein und darf sich nicht ändern, und an allen Stellen des Vulkanisierschranks muß die gleiche Temperatur herrschen. Nur wenn beide Bedingungen erfüllt sind, kann mit einem gleichbleibenden, guten Erzeugnis gerechnet werden. Die erste Bedingung ist durch automatische Temperaturregler leicht einzuhalten, die zweite macht größere Schwierigkeiten, die natürlich mit der Größe des Schrankes wachsen. Es gibt aber zahlreiche Konstruktionen, die vollkommen zufriedenstellend arbeiten. Meist wird das Problem durch sehr ausgiebige Luftumwälzung gelöst. Eine abweichende, sehr interessante Konstruktion ist in Abb. 754 gezeigt. Dieser Schrank sieht wie ein Tauchapparat aus. Rahmenträger und Bewegungsmechanismus sind genau wie

bei einem solchen ausgebildet. Im unteren Teil befinden sich die Heizkörper; die Bewegung der Luft erfolgt durch eingebaute Ventilatoren. Da der Heizraum sehr klein und die Beschickung sehr einfach ist, betragen die Anheizpausen zwischen zwei Beschickungen nur kurze Zeit, so daß man schon mit einem Apparat erhebliche Durchsätze erzielt. Die Dauer der Vulkanisation beträgt bei 100° etwa 20 Minuten, bei 110° etwa 15 Minuten. Dazu kommt noch die zum Vorwärmen der Formen benötigte Zeit.

Man kann auch statt in Luft im Wasserbad vulkanisieren. Dazu benutzt man eine etwa 10proz. Lösung von Kochsalz in luftfreiem Wasser. Man taucht die Rahmen in das auf 90° erhitze Bad und braucht ungefähr $\frac{1}{2}$ Stunde zum Vulkanisieren. Bei sorgfältiger Ausführung sind die Resultate gut. Die oberflächliche Klebrigkeit ist geringer als bei Vulkanisation in Heißluft, dagegen ist die Transparenz etwas schlechter.

Das Pudern und Abziehen erfolgt genau wie bei Kaltvulkanisaten, d. h. Präservative werden naß, alle anderen Artikel trocken gepudert und abgezogen. Unzweifelhaft gehört die Zukunft der Warmvulkanisation. In Ansehung der kurzen Zeit, die seit Bekanntwerden der ersten Versuche vergangen ist, sind schon erhebliche Fortschritte erzielt worden. Die noch erforderlichen Vervollkommnungen betreffen zunächst die Farbe der Vulkanisate. Es ist bisher noch nicht gelungen, dickwandige Artikel herzustellen, die dem Kristallsauger vollständig ebenbürtig sind. Die Farbe ist immer bräunlich und selbst in den besten Fällen dunkler als beim Kaltvulkanisat. Dann lassen gerade die wirksamsten Beschleuniger noch in bezug auf Geruch und Geschmack zu wünschen übrig. Dies ist ausschlaggebend bei der Herstellung warmvulkanisierter Sauger und Haushaltschuhe.

Herstellung farbig-transparenter Artikel

Schreibblasen, Luftballons und Spielsauger werden in zahlreichen Farben verlangt. Wollte man jede dieser Farben durch Tauchen aus gefärbter Transparentlösung erzeugen, so müßte man für diese billigen Massenartikel ein ganz unrentables Lösungslager unterhalten. Man fertigt daher ausschließlich farblose Gegenstände an und färbt sie nachträglich. Man kann die fertig vulkanisierten Artikel durch kurzes Kochen in wässrigen Lösungen basischer Farbstoffe anfärben. Das Verfahren ist sehr billig, aber die Färbung ist nicht sehr echt und bei dickeren Gegenständen recht ungleichmäßig und wolkig. Man benutzt daher dieses Verfahren hauptsächlich für Spielballons und Schreibblasen. Für Sauger und die ebenfalls oft verlangten farbig-transparenten Handschuhe ist es unbrauchbar. Bessere Farben erhält man durch kurzes Eintauchen der fertig getauchten, aber noch nicht geränderten Artikel in etwa $\frac{1}{2}$ proz. Lösungen von fettlöslichen Farbstoffen in Benzol. Bei nachfolgender Kaltvulkanisation ist man in der Auswahl etwas beschränkt, da viele benzollösliche Farbstoffe nicht säureecht sind. Trotzdem gibt es eine ganze Reihe brauchbarer Töne, besonders wenn man die Vulkanisationsbäder durch Natronkalk möglichst neutral hält. Bei der 100 bis 110° nicht übersteigenden

Warmvulkanisation sind die meisten benzollöslichen Farbstoffe (z. B. Sudanfarben) durchaus beständig, so daß man hier mit einfachsten Mitteln sehr schöne Effekte erzielen kann.

Latex

Auch auf dem Gebiet der nahtlosen Artikel nimmt die Verwendung von Latex zu. Da über diese Fabrikation in einem besonderen Abschnitt berichtet wird, soll hier nur auf diesen verwiesen werden.

PATENTGUMMI

VON SENATOR F. THIELE, LEIPZIG UND DR. E. WURM, HANNOVER

Die Mehrzahl aller Kautschukartikel wird aus Platten hergestellt. Es ist heute selbstverständlich, daß diese Platten auf Kalandern gezogen werden, es war dies aber nicht immer so. Die ersten Kautschukplatten wurden durch Auflösen von Kautschuk in Benzin, Aufgießen der Lösung auf waagerechte Unterlagen und Verdunsten des Lösungsmittels hergestellt. Dabei war natürlich Größe und Dicke der Platten eng begrenzt. Es stellte daher einen großen Fortschritt dar, als die englische Firma *Macintosh* sich ein Verfahren patentieren ließ, nach dem aus rechteckigen, gefrorenen Kautschukblöcken Platten beliebiger Dicke hergestellt wurden, was mittels Schneidemaschinen ähnlich Furnierschneidern geschah. Die wesentlich billigere Plattenfabrikation auf dem Kalandar hat nun merkwürdigerweise der sogenannten »Patentplatte« nicht viel Abbruch tun können. Sie besitzt in der Tat so hervorragende Eigenschaften, daß sie auf ihren Sondergebieten sich trotz des höheren Preises halten können. Natürlich hat das ursprüngliche Verfahren die mannigfachsten Verbesserungen erfahren. Den Namen Patentplatte hat sie behalten, man hört auch noch ab und zu die Bezeichnung »feuilles anglaises«, doch bürgert sich in Deutschland die Bezeichnung »geschnittene Platte« immer mehr ein. (In England seit jeher »cut sheet« genannt.)

Die Vorzüge sind ihre große Reinheit, die aus den notwendigen Vorichtsmaßregeln bei der Herstellung sich von selbst ergibt, und die vollständige Gleichmäßigkeit ihrer Struktur. Es ist einleuchtend, daß der Hauptfehler der Kalandarplatten, der Kalandereffekt, hier nicht auftreten kann. Geschnittene Platten besitzen daher nach allen Richtungen gleiche Dehnbarkeit und Reißfestigkeit. Aus diesen Gründen wird auch heute ein großer Teil der chirurgischen Kautschukwaren aus Patentplatte hergestellt, z. B. Eisbeutel, Pessare, Suspensorien, Urinale u. a. m., aber auch andere Artikel sind zu nennen: schwere Handschuhe, transparente Schläuche für Irrigatoren, Ventilschläuche für Luftbereifung, Salonbälle, Gebläse u. a. m. Der Formgebung muß in jedem Falle die Herstellung der Platte vorangehen, weshalb diese zunächst beschrieben werden soll.

Die Rohstoffe

Als Rohkautschuk kommen nur die besten Sorten in Betracht. Reine helle Crêpe und beste Smoked sheets können meist ohne vorhergehende Reinigung verarbeitet werden, Parakautschuk ist sorgfältig zu waschen. Sand, Holz und andere Fremdkörper dürfen nicht zugegen sein, einmal weil sie Löcher in der Platte verursachen, ferner weil sie das sehr empfindliche Messer der Schneidemaschine verderben. Prima Patentplatte besteht nur aus Kautschuk, dem eventuell etwas Erweichungs- und Färbemittel zugesetzt werden; Sekundaplatte, die aber zur Zeit keine Rolle spielt, enthält erhebliche Mengen an Chlorschwefelfaktis. Zur Herstellung

schwarzer Patentplatten wurde er oft angefärbt und als »Black snow« bezeichnet. Da Faktis heute wesentlich teurer ist als Kautschuk, erreicht man die Schwarzfärbung durch geringe Mengen von »mineral rubber«. Patentgummiartikel werden meist kalt vulkanisiert, infolgedessen enthalten sie keine Vulkanisationsmittel. Bei den für Warmvulkanisation bestimmten Platten ist zu beachten, daß nur Beschleuniger mit verzögertem Einsatz, also hoher kritischer Temperatur, verwendet werden dürfen, da bei dem langen Mastizieren infolge der unausbleiblichen Erwärmung sonst Vulkanisation eintritt. Den für Kaltvulkanisation bestimmten Platten setzt man vorteilhaft 1 bis 2% Magnesia usta zu, da dies die Alterung sehr günstig beeinflusst. Sonst erhalten prima Transparentplatten keine Zusätze, schwarze, wie oben bereits gesagt, etwas mineral rubber, rote wurden früher ausschließlich mit Zinnober gefärbt, heute dagegen mit einem der zahlreichen organischen Gummifarbstoffe. Für die seltener gebrauchten mineralisierten Platten kommen nur weiche Füllstoffe in Betracht, also Schlämmkreide, Kaolin, Blanc fixe, Lithopone, Titanweiß u. ä. Versteifend wirkende oder scharfkantige Mineralien greifen die Messer stark an und sind daher unbrauchbar.

Herstellung der Platte

Die Herstellung der Patentplatte teilt sich in folgende Abschnitte: Herstellung der Mischungen (Walzung), Mastizieren, Formen des Blockes, Gefrieren, Schneiden. Über das Mischen ist nichts Besonderes zu sagen. Es wird in üblicher Weise ausgeführt, da alle Zusätze zum Kautschuk vor dem Mastizieren erfolgen müssen. Die fertigen Mischungen werden nicht talkiert, sondern in mit Zinkblech ausgelegten Regalen staubfrei gelagert. Das nun folgende Mastizieren hat den Zweck, den Kautschuk vollkommen plastisch und blasenfrei zu machen, damit er bei dem späteren Pressen einen einwandfreien Block ergibt. Die Mastikatoren (Abb. 755) bestehen aus einem schweren gußeisernen Gehäuse mit aufklappbarem Deckel. Im Inneren dreht sich eine oft heizbare Walze aus Stahlguß, die mit tiefen Längsrillen versehen ist. Da die fertigen Blöcke meist ein Gewicht von 55 bis 60 kg besitzen, wird die Größe des Mastikators so bemessen, daß er gerade die für einen Block notwendige Menge faßt. Der vorgewärmte Kautschuk wird eingefüllt und zwischen der Außenwand und der Riffelwalze so lange geknetet, bis er die richtige Plastizität erreicht hat. Hierbei tritt starke Erwärmung ein, worauf bei der Zusammensetzung für Warmvulkanisate Rücksicht zu nehmen ist. Ein geübter Arbeiter erkennt den richtigen Erweichungsgrad; vorteilhafter ist es aber, diesen durch Plastometerprüfungen zu kontrollieren. Es kommt sehr viel darauf an, daß der günstigste Augenblick erfaßt wird. Ungenügend mastizierter Kautschuk läßt sich nicht zu einem einwandfreien Block pressen; die daraus hergestellte Platte wird porös und zeigt Schlieren. Andererseits führt übermäßiges Mastizieren zu weichen, schlecht alternden Vulkanisaten. Es ist aber immer besser, etwas zu viel als zu wenig zu walzen, da man die fertige Platte doch immer längere Zeit hängen läßt und ihr dadurch Gelegenheit zur »Erholung« gibt.

Das Pressen erfolgt in Blockformen, wie sie in Abb. 756 B zu sehen sind. Die aus Stahlguß gefertigten Zylinder haben einen losen Boden und Deckel, die eine zentrische Bohrung besitzen. Das Füllen der Form geht so vor sich, daß der aus dem Mastikator in Walzenform genommene Kautschuk in den Zylinder eingeführt und dieser mit Boden und Deckel versehen wird. Dann wird auf der in Abb. 756 C sichtbaren hydraulischen Presse eine provisorische Achse eingepreßt, deren Länge genau der des Zylinders entspricht. Die so vorbereiteten Zylinder kommen dann in die Blockpresse 756 A, die meist hydraulisch bedient wird. In älteren Anlagen finden sich auch noch Handspindelpressen. Der Pressendruck darf nicht

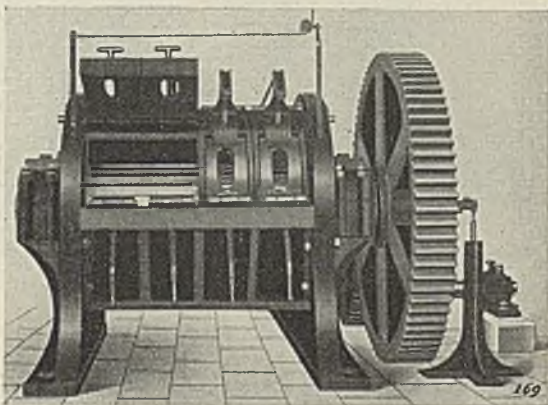


Abb. 755. Mastikator (H. Berstorff, Hannover)

sofort voll wirken, sondern man läßt ihn sehr langsam ansteigen, um dem Kautschuk Gelegenheit zu geben, sich dem Druck anzupassen und um keine Luftblasen mit einzuschließen. Nach Erreichung des Höchstdruckes bleiben die Blöcke noch etwa 24 Stunden in der Presse, damit sie sich abkühlen und beim Entlasten des Druckes nicht treiben.

Jetzt kommen die Formen wieder in die Presse (Abb. 756 C), damit der provisorische Dorn durch eine längere, in die Schneidmaschine passende Achse ersetzt werden kann. Die Blockform wird auf den kleinen Wagen gelegt, der bis an das rechte Widerlager herangeschoben wird. Der links sichtbare Preßstempel drückt die Schneidachse in den Block und diese treibt die provisorische vor sich her.

Die zum Gefrieren der Blöcke notwendige Kühlanlage ist meist nach dem Ammoniakverfahren ausgeführt. Als Kühlflüssigkeit dient eine Salzlösung, die mindestens auf -5° , besser noch tiefer, zu kühlen ist. In diesem Becken verbleiben die Blöcke, bis sie vollständig durchgefroren sind. Es ist nicht ratsam, hierbei die Zeit zu knapp zu bemessen. Ein längeres Verweilen im Gefrierbecken erhöht die Schneidfähigkeit des Blockes und verbessert die Qualität. Man sollte daher mindestens eine Woche darauf verwenden; das Risiko, einen ganzen Block durch zu hastiges Arbeiten zu verderben, ist größer als der zu erwartende Gewinn durch Ersparnis einiger Tage. Nach dem Gefrieren wird der Block aus der

Form herausgestoßen, was ebenfalls auf der in Abb. 756 C gezeigten Horizontalpresse geschieht. Solche Blöcke können beliebig lange gelagert werden, wenn man einen Raum zur Verfügung hat, dessen Temperatur

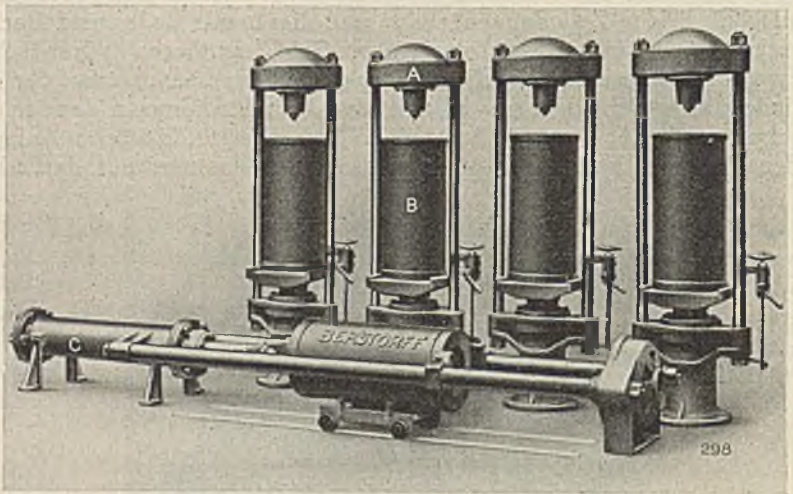


Abb. 756. Blockpressen (H. Berstorff, Hannover)

nicht über den Gefrierpunkt steigt. Besitzt man keinen solchen Raum, so müssen die Blöcke, soweit sie nicht sofort aufgearbeitet werden, im Kühlbecken liegen bleiben. Ein vollständig aufgetauter Block muß wieder in die Form gepreßt und von neuem gefroren werden, was Zeit- und

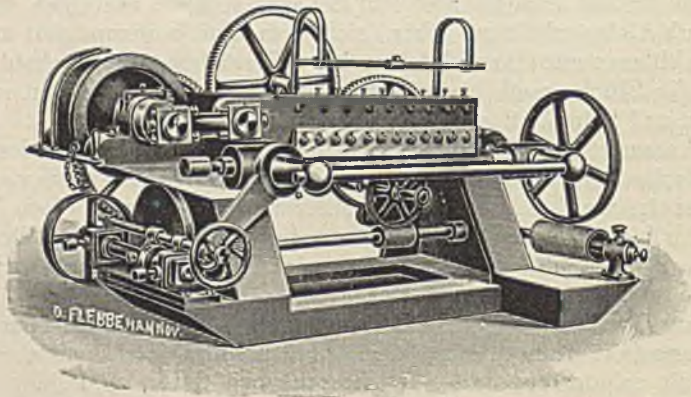


Abb. 757. Plattenschneidemaschine (H. Berstorff, Hannover)

Arbeitsverlust bedeutet. Auch während des Schneidens muß der Block dauernd gekühlt werden, was am einfachsten durch Auflegen eines prismatischen Eisblocks geschieht. Trotzdem kann es in der warmen Jahreszeit vorkommen, daß der Block weich wird. In solchen Fällen muß das Schneiden sofort unterbrochen und der Block wieder in das Kühlbecken

gebracht werden. Beim Auftauen quillt der Kautschuk zunächst ungleichmäßig, so daß man aus teilweise getauten Blöcken Platten von ungleichmäßiger Dicke erhält, die unverwertbar sind.

Die zuerst angewandten Horizontalschneidemaschinen sind nicht mehr üblich, man baut nur noch Rundschneidemaschinen. Diese arbeiten nach

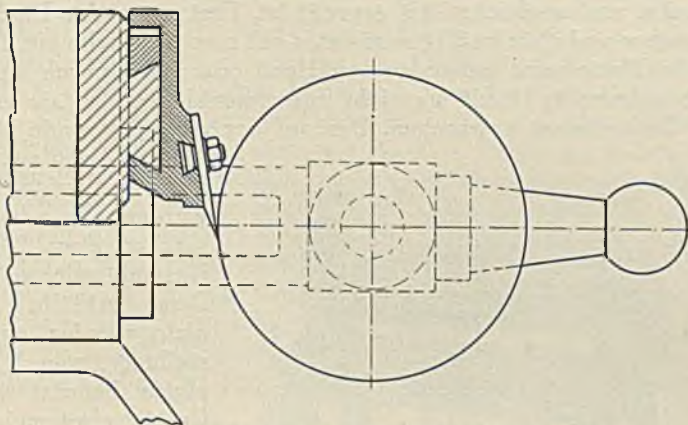


Abb. 758. Stellung des Messers beim Plattenschneiden

dem gleichen Prinzip wie die in der Holzverarbeitung üblichen Furnierschneidemaschinen, d. h. sie schneiden den zylindrischen Block spiralförmig zu einer fortlaufenden Platte auf. Eine moderne Maschine besteht nach Abb. 757 aus der Einhängenvorrichtung für den Block, der Dickenregulierung und dem Messer (Abb. 758) nebst Antrieb. Die Einhängenvorrichtung wird von dem Hauptantrieb aus in gleichmäßige Drehung versetzt. Die Dickenregulierung besteht aus einem Schneckentrieb, der den Block in demselben Maße wie er dünner wird dem Messer nähert, so daß die Schnittstärke immer gleich bleibt. Um die Plattenstärke beliebig innerhalb gewisser Grenzen einstellen zu können, dienen die hinter der Maschine sichtbaren Wechselläder, meistens 5 Stück, die den Vorschub des Blockes regeln. Bei neuen Anlagen beträgt die geringste Schnittdicke 0,05 mm, dann 0,1 mm und ferner immer steigend um 0,1 mm bis zu 3 mm. Früher wurde die Plattenstärke nach einer willkürlichen Skala bezeichnet; da sie manchenorts noch im Gebrauch ist, soll sie auch angegeben werden:

Plattensnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dicke in mm	4,15	3,26	2,58	2,35	1,85	1,66	1,40	1,15	0,95	0,84
Plattensnummer	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Dicke in mm	0,63	0,54	0,44	0,41	0,37	0,33	0,20	0,18	0,165	0,143

Der wichtigste Teil der Maschine ist das Messer. Es besteht aus bestem Messerstahl und ist rasiermesserartig geschliffen. Durch einen Exzenter wird es in sehr schnelle hin- und hergehende Bewegung versetzt; die Zahl der Hübe beträgt etwa 500 in der Minute. Das Messer, das nicht die geringsten Scharten besitzen darf, muß häufig abgezogen werden. Obwohl es besondere Vorrichtungen hierfür gibt, ist das Abziehen eine sehr schwierige Arbeit, die nur von einem durchaus erfah-

renen Mann ausgeführt werden darf. Von der erstklassigen Beschaffenheit des Messers hängt das Gelingen in größtem Maße ab; hierauf kann gar nicht genug Sorgfalt verwendet werden.

Wenn der Block in die Maschine eingehängt ist, wird zunächst ohne genaue Dickeneinstellung die Außenhaut (Rinde) abgeschält, da diese verschmutzt und ungleichmäßig gepreßt ist. Erst wenn der Block rund herum sauber und gleichmäßig aussieht, stellt man die Dicke ein. Die nun anfallende Platte wird entweder von Hand oder mechanisch auf einen Holzstab aufgerollt. Damit sie nicht zusammenklebt, wird sie mit verdünnter Seifenlösung gewaschen. Der auf der Achse sitzende Teil des

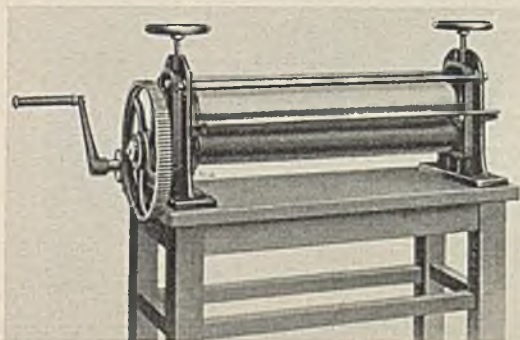


Abb. 759. Riffelkalander zur Herstellung imitierter Patentplatten (H. Berstorff, Hannover)

Blockes kann auch nicht mehr aufgeschnitten werden. Rinde und Kern machen etwa 20% des Gesamtgewichtes aus. Diese Abfälle können nicht wieder zur Herstellung von Patentplatte benutzt werden. Da sie aber meist qualitativ recht hochwertig sind, macht ihre Unterbringung im Betriebe keine Schwierigkeiten.

Die Lagerung der Patentplatte muß in kalten, dunklen Räumen erfolgen.

Man läßt die Platten vor der Weiterverarbeitung mindestens ein bis zwei Wochen ablagern, je länger, desto mehr erholt sich der Kautschuk. Bei weniger gebrauchten Plattenstärken sind Lagerzeiten von einem Jahre nichts Seltenes. Dies schadet der Platte keineswegs, die daraus hergestellten Artikel sind sogar besonders gut. Vor der Verarbeitung muß die Seife abgewaschen und die Platte aufgetaut werden. Es genügt oft nicht, dieses Auftauen durch Liegenlassen bei Zimmertemperatur zu erreichen. Die Platte ist »ständig gefroren«; um sie aus dem pergamentartigen Zustand in den normalen, weichen überzuführen, ist eine Erwärmung auf mindestens 45° notwendig. Hierbei springt die Platte mehr oder weniger ein. Man darf daher Zuschnitte nur von der aufgewärmten Platte machen, wenn die Einzelteile eines Gegenstandes wirklich zusammenpassen sollen.

Für gewisse Artikel werden auch marmorierte Platten verlangt. Tabaksbeutel, Eisblasen, Badehauben u. a. m. werden vielfach marmoriert angefertigt, wobei gewöhnlich Weiß mit Schwarz oder einer bunten Farbe kombiniert wird. Marmorierungen aus zwei bunten Farben sind selten, sehen auch nicht besonders gut aus, da sich Mischöne bilden, die nur bei sorgfältiger Auswahl der Grundfarben harmonisch wirken. Der beste Weg zur Herstellung der Marmorierung ist der, daß man die gut mastizierten Puppen in kleine Stücke schneidet und regellos durchein-

ander in den Preßzylinder einfüllt. Beim Pressen ist aber besonders gut auf langsames, gleichmäßiges Ansteigen des Druckes zu achten, damit ein porenfreier Block entsteht. Ein ziemlich bedeutender Artikel ist die hell-dunkel-transparente Platte, die unter dem Namen »Naturell-Platte« als Auflage für Kratzentücher gebraucht wird (siehe Abschnitt »Gummierte Stoffe«).

Der hohe Preis der Patentplatte hat natürlich auch dazu geführt, sie durch billige Imitationen zu ersetzen. Da die gewöhnliche Kalandersplatte glatt ist, also auf den ersten Blick sich von der geschnittenen unterscheidet, läßt man die zur Imitation bestimmten Platten durch einen Riffelkalanders (Abb. 759) gehen, wo sie eine Prägung erhalten, die sie der echten Patentplatte ähnlich macht. Trotzdem ist sie für den Fachmann sofort erkennbar. Die Riffelung hat einen ganz anderen Charakter als die durch das Messer hervorgerufene, sie verschwindet auch stark beim längeren Anwärmen. Der Hauptunterschied ist natürlich der, daß die Kalandersplatte trotz der Riffelung den ursprünglichen Kalandereffekt zeigt. Da sie stets quer zur Laufrichtung geriffelt ist, reißt sie also leichter senkrecht zu den Riefen, während unvulkanisierte geschnittene Platte am leichtesten längs der Riffelung, d. h. an den dünnsten Stellen reißt.

Herstellung von Patentgummiwaren

Bei der außerordentlich großen Zahl der einschlägigen Artikel ist es unmöglich, auf alle Einzelheiten einzugehen, es können hier nur die allgemeinen Grundsätze besprochen werden. Auf diesem Gebiete herrscht durchaus die Handarbeit vor, nur einzelne Kleinmaschinen haben Eingang finden können. Es sind dies im allgemeinen dieselben, die auch bei der Herstellung der Kautschukkurzwaren gebraucht werden, weshalb auf diesen Abschnitt hingewiesen werden soll.

Da alle Artikel aus Formteilen zusammengesetzt werden, ist auf peinlichste Sauberkeit der Arbeitsplätze zu achten. Als Puder material soll nur Maismehl oder Zinkstearat verwendet werden, da andere Puder mittel wie Talkum oder Glimmer, zu undichten Nähten und Klebstellen führen können. Die Platten werden zunächst aufgewärmt und zur Verhinderung des Klebens leicht eingepudert. Artikel, die aus mehreren Teilen zusammengesetzt sind, werden nach Schablonen ausgeschnitten und die Teile durch überlappende Nähte oder durch Klopfen vereinigt, letzteres dann, wenn die Kanten stumpf aneinanderstoßen. Sowohl Überlappungen wie Stoßkanten werden mit reiner Kautschuklösung eingestrichen; die weitere Behandlung darf erst erfolgen, wenn die Lösung vollständig aufgetrocknet ist. Um die Klebstellen recht fest zu machen, werden sie stets angeklopft. Bei langen, leicht zugänglichen Nähten dient man sich dazu der Klopfmaschine (Abb. 768 im Abschnitt »Kautschukkurzwaren«), bei schwierigen Nähten benutzt man kleine Ambosse und leichte Stahlhämmer. Gegenstände, die in den Nähten besonders stark beansprucht werden, Gebläse, Birnspritzen, Eisbeutel u. ä., erhalten zur Verstärkung der Naht besondere Auflegestreifen, die ebenfalls mit Kautschuklösung eingestrichen und angeklopft werden. Sollen dickwandige Artikel mit Klopfnähten angefertigt werden, so müssen die Stoß-

kanten entsprechend der Rundung schräg geschnitten werden, damit in der Naht keine Spannung entsteht.

Patentgummischläuche werden auch nur durch Handarbeit hergestellt. Die Platte wird dazu in lange Streifen geschnitten, deren Breite dem Umfang des Schlauches entspricht. Die Kanten werden mit Kautschuklösung eingestrichen, die natürlich vor der Weiterverarbeitung vollkommen trocken werden muß. Die Streifen werden dann vermittlems einer Schlauchlehre geformt. Die Schlauchlehre besteht aus einem Blech, das zahlreiche Löcher enthält. Diese haben alle Größen, vom dünnsten Ventil- bis zum dicksten Gasschlauch. Die Kanten der Löcher sind abgerundet, damit die Kautschukstreifen nicht verletzt werden können. Die Lehre wird am Arbeitstisch angeschraubt. Die Arbeiterin führt den Anfang des Streifens in das passende Loch ein, zieht ihn hindurch, wobei er sich zum Schlauch formt, und drückt die Naht leicht zusammen. Der Schlauch wird in flachen Windungen aufgerollt. Soll er in abgepaßten Längen mit geroltem Rand oder Muffen geliefert werden, so wird er passend zerschnitten. Das Anrollen der Ränder erfolgt nach Einstreichen mit Kautschuklösung auf einem passenden Dorn; Muffen aus warmvulkanisiertem, mineralisiertem Kautschuk werden in der Regel erst nach dem Vulkanisieren eingeklebt, oft mit selbstvulkanisierenden Lösungen.

Die Vulkanisation von Patentgummiwaren

a) **Kaltvulkanisation.** Über die bei dieser notwendigen Vorsichtsmaßnahmen ist im Abschnitt »Gummierte Stoffe« ausführlich gesprochen. Es sollen daher hier nur die Besonderheiten angeführt werden. Die meisten Artikel werden im Bad vulkanisiert. Für dünnwandige Artikel nimmt man meist Leichtbenzin, nur für sehr dicke mit über 1 mm Wandstärke bevorzugt man Schwefelkohlenstoff, der schneller in den Kautschuk eindringt. Die Stärke der Bäder richtet sich nach dem Kautschukgehalt der Mischung. Man verfolgt aber heute das richtige Prinzip, die Bäder möglichst schwach zu machen und dafür etwas länger zu vulkanisieren. Dies hat natürlich seine Grenze, da der vollständig gequollene Kautschuk kein Vulkanisationsmittel mehr aufnimmt. Die meistgebrauchte Zusammensetzung beträgt 30 ccm Chlorschwefel auf 1 Liter Lösungsmittel, also 3 Volumprocente. Diese Stärke reicht für alle Fälle bis zu etwa 0,75 mm Wandstärke aus, bei dickeren Artikeln nimmt man etwas mehr, 5 Volumprocente dürfte aber die Höchstgrenze darstellen, die nur in Verbindung mit Schwefelkohlenstoff für die dicksten Artikel in Betracht kommt, die 2 bis 3 mm Wandstärke haben. Dunstvulkanisation kommt nur für die dünnsten Platten in Frage, z. B. für ganz dünnwandige Eisbeutel und Pilotballons. Da aber die Eindringungstiefe des Chlorschwefeldampfes 0,1 mm nicht übersteigt, so ist es notwendig, die von rechts vulkanisierten Artikel zu wenden und nochmals von links der Einwirkung des Chlorschwefeldampfes auszusetzen. Die Vulkanisation erfolgt in derselben Weise, wie sie für Armblätter im Abschnitt »Kautschukkurzwaren« beschrieben ist.

Auch bei der Naßvulkanisation ist es oft notwendig, zweimal zu vulkanisieren. Nur solche Artikel, die auf eine Form gezogen werden können

und deren Wandstärke 0,3 mm nicht übersteigt, können durch einmaliges Tauchen fertigvulkanisiert werden. Alle anderen werden zuerst durch kurzes Eintauchen in das Bad von außen vorvulkanisiert. Nach dem Trocknen wird die Innenseite vulkanisiert. Einfach geformte Artikel mit weiten Öffnungen werden gewendet und so in das Bad getaucht. Ist dies nicht ausführbar, so wird Badflüssigkeit eingefüllt und der Überschuß nach einigen Sekunden wieder ausgegossen. Patentschläuche werden zuerst innen und dann außen vulkanisiert. Die rohen Schläuche werden auf einem langen, schwach geneigten Tisch ausgelegt, der mit Abzugslöchern und Ventilator zur Entfernung der Dämpfe versehen sein muß, Ferner braucht man ein mit einem Handgriff versehenes Gefäß aus gut verzinn-tem Weißblech, an dessen Boden konische Tüllen angelötet sind. Ihre Zahl beträgt meist drei bis sechs. Auf die Tüllen werden die Schläuche aufgesteckt. Man läßt nun ein abgemessenes Quantum Bad durch die Schläuche laufen. Wenn sie nicht mehr kleben, werden die Enden verschlossen und die Schläuche werden durch ein Bad hindurchgezogen, um die Außenseite zu vulkanisieren. Die Kontrolle auf ausreichende Vulkanisation erfolgt in derselben Weise, wie bei Saugern eingehend beschrieben ist.

b) **Warmvulkanisation.** Aus den vorstehenden Ausführungen geht hervor, daß die Kaltvulkanisation reine Erfahrungssache ist. Mit Rezepten und genauen Dosierungsvorschriften ist nichts anzufangen. Hier ist die einzige Stelle, an der der langjährig im Betrieb tätige Meister dem noch so gut vorgebildeten Chemiker überlegen ist. Es ist auch schwer, in vielen Fällen sogar unmöglich, eine Standardfabrikation aufzuziehen und diese sowie auftretende Fehler zu kontrollieren. Deshalb haben gerade hier besondere Bestrebungen eingesetzt, die Kaltvulkanisation auszuschalten. Man erhoffte von der Warmvulkanisation nicht nur die Beseitigung der genannten Übelstände, sondern auch eine weitgehende Verbesserung der Erzeugnisse in bezug auf Alterung, Sterilisierbarkeit und Tropenfestigkeit. Leider ist zu sagen, daß man von einer restlos befriedigenden Lösung noch recht weit entfernt ist. Er ergeben sich eine Reihe von Schwierigkeiten, deren vollkommene Beseitigung noch nicht geglückt ist.

Auf die erste wurde bereits oben bei der Besprechung der Rohstoffe hingewiesen. Bei Verwendung einigermaßen wirksamer Beschleuniger kann bereits während des Mastizierens Vulkanisation eintreten. Auch während des Pressens ist damit zu rechnen. Andererseits erfordert die Eigenart der Patentgummiartikel — dünne Wandungen, komplizierter Aufbau, der die Verwendung von Formen meist unmöglich macht — höchst aktive Beschleuniger, die eine Vulkanisation in kurzer Zeit und bei niedriger Temperatur ermöglichen. Man kennt bisher zwei Methoden, von denen die eine ganz der bei nahtlosen Artikeln verwendeten entspricht.

Hiernach enthält die Platte Zinkweiß, Schwefel und eventuell einen bei den bei der Herstellung auftretenden Temperaturen unwirksamen Beschleuniger. Nach dem Aufbau des Artikels wird dieser für einige Zeit in eine benzolische Lösung von Ultrabeschleunigern getaucht. Nach dem vollständigen Austrocknen erfolgt die Vulkanisation im Wasserbad bei 90°

oder im Heißluftschrank bei 100 bis 110°. Die Fehler dieses Verfahrens sind zunächst die gleichen wie bei nahtlosen Artikeln. Man arbeitet mit einem großen Überschuß an Ultrabeschleunigern und die Wandstärke der Artikel ist begrenzt. Darüber hinaus liegt hier bei den dünnen, durch keine Form gestützten Artikeln die Gefahr vor, daß sie deformiert werden. Dickwandige Artikel zeigen diesen Fehler weniger. Bei der Vulkanisation ist es aber umgekehrt. Dünnwandige, flachliegende Artikel sind leichter zu vulkanisieren als z. B. Urinale oder Suspensorien, die ohne stärkere Deformation nur im Wasserbad vulkanisiert werden können.

Für dünnwandige Artikel erscheint es besser, den umgekehrten Weg zu wählen. Man setzt danach dem Kautschuk Zinkweiß und Ultrabeschleuniger zu, aber keinen Schwefel. Natürlich dürfen nur solche Beschleuniger gewählt werden, die ohne Schwefel unwirksam sind. Nach Fertigstellung der Artikel werden diese mit Schwefel oder einem Gemisch von Schwefel und einem Pudermittel bestäubt und einige Stunden auf 60 bis 80° erwärmt. Da der Kautschuk keine Quellung erfahren hat und die Temperaturen niedrig sind, ist keine Deformation zu befürchten. Bei genügend langer Vulkanisationszeit ist die Tiefenwirkung befriedigend, dagegen kann leicht eine Übervulkanisation der Außenhaut eintreten. Am besten bewährt hat sich das Verfahren für dünnwandige Artikel. Hier verfährt man ähnlich wie bei der Dunstvulkanisation. Die in einem heizbaren Schrank drehbar angeordnete Trommel aus Holz — natürlich ohne Lochung — wird teilweise mit Schwefel und Maismehl gefüllt. Die Rohlinge werden eingefüllt und unter ständiger Drehung der Trommel einige Stunden einer Temperatur von etwa 60° ausgesetzt. Da hier eine Übervulkanisation nicht leicht eintreten kann, sind Alterung und Aussehen recht befriedigend.

Eine vollständige Beseitigung der Kaltvulkanisation ist auf beiden Wegen nicht zu erreichen, da die Einschaltung besonderer Arbeitsgänge und die zahlreichen Vorsichtsmaßregeln stark verteuern wirken. Vollen Erfolg kann nur eine Verbesserung der Beschleuniger oder der Aktivatorn bringen. Gebraucht wird ein Beschleuniger, der bei den Herstellungstemperaturen unwirksam, aber bei 100° bereits hochaktiv ist oder ein Aktivator mit ähnlichen Eigenschaften. Hier ist noch ein dankbares Betätigungsfeld für die chemische Industrie.

KAUTSCHUK-(GUMMI)KURZWAREN

VON DR. ERICH WURM, HANNOVER

Der Ausdruck Kautschuk-(Gummi)Kurzwaren ist in Deutschland noch wenig üblich; er entspricht dem in englisch sprechenden Ländern allgemein bekannten »The Druggists Rubber Sundries«. Man versteht darunter die sogenannten konfektionierten Artikel, Gummihosen, Armblätter, Schürzen und Badehauben, ferner Badeschuhe, Gürtel, Sauger und manche kleine chirurgische Artikel. Da die nahtlosen und chirurgischen Kautschuk-(Gummi)Waren in besonderen Abschnitten behandelt werden, sollen hier die konfektionierten und Badeartikel kurz besprochen werden.

Für die ersteren ist charakteristisch, daß sie als billige Massenartikel noch heute fast durchweg kalt vulkanisiert werden. Nur diejenigen, die aus gummierten Stoffen angefertigt werden, kann man ebenso gut und billig aus warmvulkanisierten Stoffen machen. Da diese in dem betreffenden Abschnitt ausführlich besprochen werden und die Beschreibung bloßer Konfektionsmethoden den Rahmen dieses Werkes überschreitet, ist hierüber nichts zu sagen. Anders steht es mit den aus Ganzkautschukplatten hergestellten. Die meisten dieser Artikel sind sehr dünnwandig. Armblätter sind meist 0,13 mm stark, Windelhosen, Badehauben und Zierschürzen 0,2 bis 0,3 mm, Wirtschaftsschürzen 0,5 bis 0,7 mm. Die verwendeten Rohstoffe müssen daher sehr sauber und feinst gesiebt sein. First latex Crepe ist die fast ausschließlich benutzte Kautschuk-sorten, für dunkle Farben wird auch in geringem Umfange smoked sheet genommen. Weißer Faktis, der früher eine sehr große Rolle spielte, hat diese zur Zeit fast völlig eingebüßt. Die wichtigsten Füllstoffe sind Schlämmkreide, Kieselkreide und Lithopone. Selbstverständlich ist der Zusatz einer geringen Menge Magnesia usta, wobei die »schwere« Form den Vorzug verdient, da sie sich leichter trocknen und sichten läßt. Alle anderen Mineralien sind überflüssig. Mit Kieselkreide bekommt man sehr stramme Vulkanisate; der Zusatz von Magnesia ist hier besonders wichtig. Eine Mischung von beiläufig 60% Kautschuk und 40% Kieselkreide wird im Geerofen bereits nach 48 Stunden klebrig, während sie nach Zusatz von nur 1% MgO noch nach 8 Tagen stramm ist. Als Erweichungsmittel kann man Ceresin nehmen, doch hat Stearinsäure in Mengen von 1 bis 2% der Mischung außer der erweichenden auch noch eine beachtliche Schutzwirkung gegen vorzeitiges Verderben. Wegen der geringen Wandstärke können auch nur solche Farbstoffe Verwendung finden, die sich leicht und vollständig dispergieren. Der einzige brauchbare Mineralfarbstoff ist Ultramarin. Es eignet sich aber nicht jede Sorte; manche sind stark säureempfindlich und verblassen bei der Vulkanisation. Sehr gut sind die Vulkanfarben, besonders in der F-Pastenform, die eine schnelle und gleichmäßige Dispersion gewährleistet.

Wenn auch die meisten Mineralien in geschlammter oder gesichteter Form in den Handel kommen, ist es doch notwendig, sie erst scharf zu trocknen und dann durch feinste Müllergaze zu sichten. Das umgekehrte Verfahren ist weniger gut, da manche feuchten Mineralien, besonders

Lithopone und Magnesia, beim Trocknen backen. Bei der Herstellung von Kaltvulkanisaten ist zu beachten, daß stark gebrochener Gummi durch den Chlorschwefel seinen Nerv nicht wieder erhält. Da eine Vulkanisation beim Mischen und Plattenziehen nicht stattfinden kann, soll daher beides bei möglichst hoher Temperatur stattfinden, d. h. der Kautschuk darf nicht gebrochen, sondern nur plastiziert werden. Die Mischwalzen sollen 70 bis 80° warm sein und die Puppen sollen möglichst vor der weiteren Verarbeitung einige Tage liegen. Da die hier behandelten Artikel ausnahmslos aus einfacher Platte hergestellt werden, ist auf größtmögliche Zurückdrängung des Kalandereffektes hinzuwirken. Dies geschieht, indem man bei möglichst hoher Temperatur zieht. Diese muß um so höher sein, je dünner die Platte und je besser ihre Qualität ist.

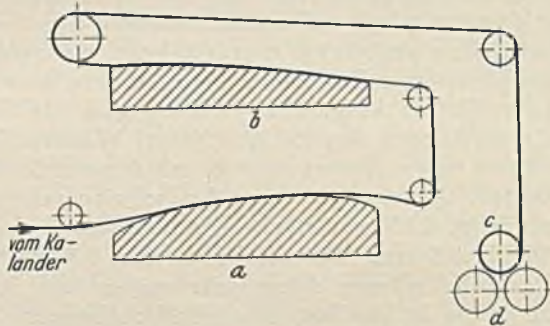


Abb. 760. Einrichtung zum Pudern und Aufwickeln dünner Platten

Man arbeitet daher selten unter 90° Kalandertemperatur, oft und besonders bei Platten unter 0,2 mm Stärke noch weit höher — bis zu 120°. Hier zeigt sich der günstige Einfluß der Stearinsäure, da schon ein geringer Prozentsatz ausreicht, um ein Ankleben der Platte an den Walzen zu verhindern. Zur Erzielung exakter Plattenstärken ist genaue Bombierung der Walzen unerlässlich. Meist genügt ein Dreiwalzenkalandertisch, für feinste Platten sind aber vier Walzen mehr zu empfehlen. Um gleichmäßige Plattenstärken zu erzielen, darf die Mischung nur in gut vorgewärmtem Zustand aufgegeben werden. Die Platte wird fast immer ohne Zwischenleinen aufgewickelt und muß daher gepudert werden. Für Kaltvulkanisate nimmt man ausschließlich Maismehl, für Warmvulkanisate meist Talkum 0000. Bei dessen Verwendung ist zu beachten, daß Stanznähte usw. schlecht halten. Sind in den beabsichtigten Artikeln solche Nähte, so nimmt man besser das allerdings teure Zinkstearat, das die Bindung nicht beeinträchtigt. Um mit möglichst wenig Puder auszukommen, soll der Kalandertisch einen langen Auslauf haben, möglichst nicht unter drei Meter. Eine einfache Pudervorrichtung, die beide Seiten pudert, ist in Abb. 760 schematisch gezeichnet. In einem Holzgestell befinden sich übereinander zwei flache Kästen a und b, die mit dem Pudermaterial gefüllt sind. Die vom Kalandertisch kommende Platte wird durch Führungsrollen sanft auf den Puder gepreßt und nimmt davon

ihrer Klebrigkeit entsprechend etwas mit. Das Aufrollen auf Papphülsen darf niemals durch Zug erfolgen, da die dünne weiche Platte deformiert würde. Man verfährt daher so, daß man die Papphülse C auf zwei Holzrollen D legt, die vom Kalander aus angetrieben werden. Ihre Umfangsgeschwindigkeit muß der Meterleistung des Kalanders genau gleich sein. Die Papprolle wird einfach durch Friktion mitgenommen und wickelt die Kautschukplatte ohne jeden Zug auf. Dieselbe Einrichtung ist überall notwendig, wo rohe Platte umgewickelt wird, also bei den Fege- und Druckmaschinen.

Die fertig gepuderte Platte soll niemals frisch verarbeitet werden. Ein achttägiges Lagern ist meist hinreichend; es gibt aber auch Fabrikanten, die dünne Armblättermatten nicht vor einem Monat Abhängen verarbeiten. Dieses Lagern erfordert daher große Plattenräume und erheblichen Kapitalaufwand. Um beide tunlichst zu verkleinern, ist folgendes zu beachten: Je stärker der Kautschuk beim Mastizieren aufgebrochen wurde, desto länger braucht er zur Erholung. Da es sich bei konfektionierten Artikeln fast nie um stark gefüllte Qualitäten handelt (d. h. unter 65 bis 70 Vol. % Kautschuk), ist ein starkes Aufbrechen unnötig. Es sprechen also auch ökonomische Gründe für das oben aus Gründen der Qualität angeratene heiße Walzen und Plattenziehen. Man wird dann meist mit einer Lagerzeit von drei bis acht Tagen auskommen, je nach Qualität und Plattenstärke.

Mit Ausnahme der dünnsten Armblättermatten müssen alle Platten vor der weiteren Verarbeitung so weit wie möglich abgefegt werden. Dazu dienen Fegemaschinen, ähnlich den bei gummierten Stoffen benutzten (siehe diesen Abschnitt). Die Puderaufgabe fällt natürlich fort und das Aufwickeln geschieht wie bei Abb. 760 erläutert. Viele Platten werden noch bedruckt. Auch hierüber ist nichts Neues zu sagen; es geschieht genau wie bei gummierten Stoffen, mit Ausnahme der abweichenden Aufwickelvorrichtung. Dicke Platten für Badeschuhe werden oft geprägt. Dazu nimmt man entweder heizbare Kniehebelpressen, in denen natürlich nur abgepaßte Stücke verarbeitet werden können oder kleine Prägekalander, die kontinuierlich arbeiten. Wenn man einen Profilkalander besitzt, kann man das Plattenziehen und Prägen in einem Arbeitsgang vornehmen. Wichtig ist in allen Fällen, daß frisch geprägte Platten im warmen Zustand nicht gestapelt und verarbeitet werden dürfen, da sich sonst die Prägung verwischt. Aber sie dürfen auch nicht zu lange lagern, da besonders bei hochwertigen Mischungen die Prägung sich mit der Zeit abflacht. Das Prägen soll daher immer nur ein Arbeitsgang sein, der unmittelbar vor der Konfektion und Vulkanisation liegt, soll also nicht auf Vorrat geschehen.

Die erste Formgebung geschieht immer durch Ausschneiden. Dazu wird die Platte in 30 bis 40 Lagen übereinander auf glatt mit Zinkblech beschlagenen Tischen ausgelegt. Bei großen Artikeln (Schürzen) legt man darauf die Schablone aus Zinkblech und schneidet von Hand mit einem Kreismesser aus gehärtetem Stahl, das mit Gas oder elektrisch beheizt ist (Abb. 761). Kleinere Gegenstände (Badehauben, Armblätter, Schuhe) werden mit Stanzen ausgeschnitten, die eine scharfe Schneide

haben und auf Gasbrennern erhitzt werden. Man kann auch Stanzpressen verwenden, doch haben mit Ausnahme von Schuhen die Pressen wegen des häufigen Wechsels der heißen Stanzmesser wenig Eingang gefunden. Es ist auch leichter, die Stanzmesser über den Tisch zu führen, als die zahlreichen Lagen der dünnen Gummiplatte ohne Faltenbildung durch eine Presse.

Die weiteren Arbeitsvorgänge sind bei den meisten Artikeln die gleichen. Es kommt immer wieder auf Klopfen, Knipsen, Einfassen, Rüschen, Belegen usw. heraus. Statt einer Beschreibung dieser einzelnen Phasen soll daher die Herstellung einiger wichtiger Artikel näher beschrieben werden.

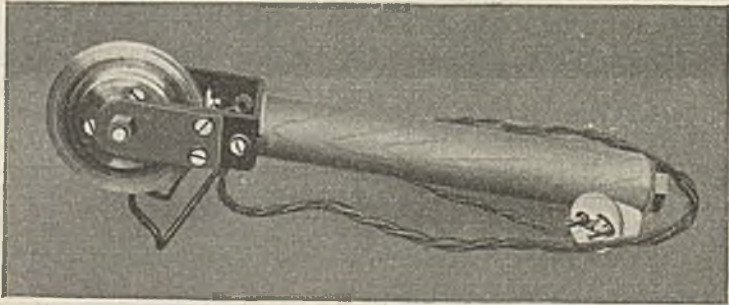


Abb. 761. Elektrisch beheiztes Kreismesser
(P. Leyendecker, Köln-Ehrenfeld)

Schweißblätter bestehen entweder aus gummiertem Stoff oder aus Kautschukplatte, die mit Stoff abgedeckt ist. Nur diese sollen hier besprochen werden. Es gibt zahlreiche Formen, die stark von der Mode abhängig sind. Auch wird ein großer Luxus darin getrieben; außer billigem Nessel werden auch merzerisierter Batist (Hauptartikel), Kunstseide (Trikoline) und Japanseide verarbeitet. Die wichtigsten Farben der Kautschukplatte sind Weiß und Rosa, doch werden auch alle Modifarben verlangt, was nicht immer leicht durchzuführen ist. Eine gute Grundlage bilden 100 Teile hellste first Latex Crepe, 30 Teile Lithopone Rotsiegel, 2 Teile Magnesia usta, 5 Teile Ceresin. Hierzu setzt man geringe Mengen organischer Farbstoffe. Soll weiße Platte hergestellt werden, muß eine Spur Ultramarin zugesetzt werden, um den gelblichen Stich zu verdecken. Die übliche Plattenstärke ist 0,13 bis 0,2 mm. Die Grundformen werden in der oben beschriebenen Weise ausgestanzt. Für jede Form und Größe ist eine besondere Stanze nötig. Je zwei Stanzlänge werden jetzt durch »Knipsen« vereinigt. Man versteht unter Knipsen ein Stanzen oder Schneiden mit einer halbstumpfen Schneide (Abb. 762). Hierbei werden die — erwärmten — Teile nicht nur geschnitten, sondern auch aufeinandergepreßt, wodurch sie verschmelzen. Maismehl hindert die Verschmelzung nicht, wohl aber Talkum. Daher halten solche Nähte nur, wenn ein die Naht verdeckender Schutz-



Abb. 762.
Schneide
eines
Knipsstanz-
messers

streifen aufgelegt wird; bei Maismehl dagegen zerreißt die unvulkanisierte Platte leichter neben als in der Knipsnaht. Man benutzt die in Abb. 763 dargestellte Knipsstanze. Schwungrad und Exzenter laufen immer. Die unter letzterem sichtbare Preßplatte trägt das Stanzmesser, auf die heizbare

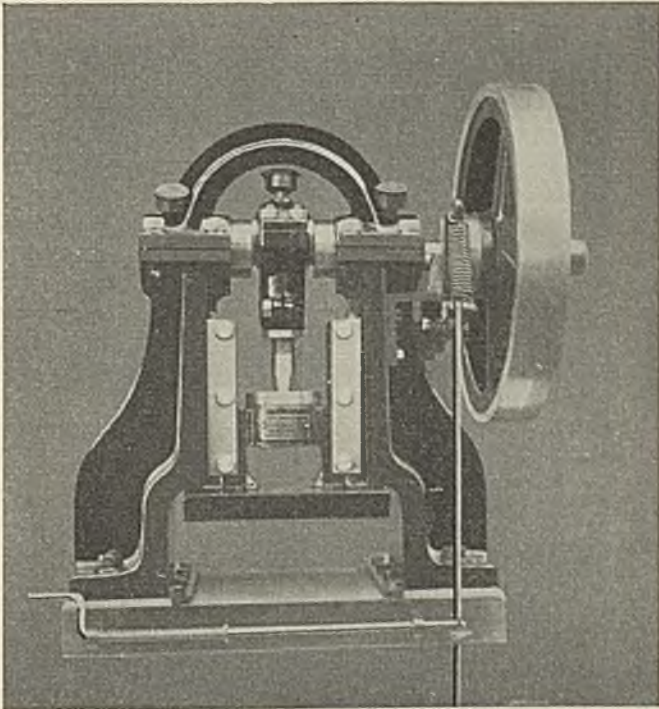


Abb. 763. Knipsmaschine (P. Leyendecker, Köln-Ehrenfeld)

Grundplatte wird der Stanzling bis zu einem nicht gezeichneten Anschlag herangeschoben. Durch Pedaldruck wird Exzenter und Preßplatte gekuppelt, wobei der Stanzschnitt erfolgt. Die beim Ausstanzen und Knipsen entstehenden Abfälle gehen in die Fabrikation zurück.

Die Vulkanisation der Kautschukplatten erfolgt immer noch im Chlorschwefeldunst, da bei keinem anderen Verfahren die großen Mengen billig genug herzustellen sind. Die Vulkanisationstrommel besteht aus durchlochtem Holz oder verzinnem Drahtgeflecht und dreht sich in einem Abzugsschrank. Vorteilhaft ist es, wenn man durch ein Wechselgetriebe die Drehrichtung der Trommel umkehren kann. Die Trommel trägt innen Vorsprünge, die das Vulkanisationsgut nach oben mitnehmen und es wieder fallen lassen (Abb. 764). Dies ist zur Erzielung groerer Gleichmäßigkeit der Vulkanisation erforderlich. Nachdem die Trommel etwa zur Hälfte

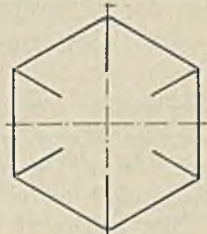


Abb. 764.
Querschnitt einer
Vulkanisierstrommel
mit Mitnehmer-
leisten

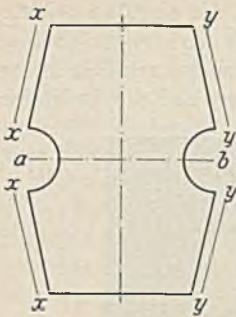


Abb. 765. Zugschnitt einer Windelrose

gefüllt ist, wird der Schrank geschlossen und das empirisch festgestellte Quantum Chlorschwefel in eine am Boden des Schrankes befindliche Wärmepfanne gegossen. Die Luft im Schrank soll möglichst trocken sein, was sich durch Einstellen von Gefäßen mit Natronkalk in den Betriebspausen erreichen läßt. Die Temperatur im Schrank soll etwa 30 bis 33° betragen. Bei Verwendung von etwa 2 bis 3% Chlorschwefel auf das reine Gummigewicht dauert die Vulkanisation etwa $\frac{1}{2}$ Stunde, während der man die Drehrichtung der Trommel mehrmals umkehrt. Danach saugt man noch mindestens $\frac{1}{4}$ Stunde lang Luft durch. Neutralisation mit Ammoniak ist vollständig zu

verwerfen; der Magnesiumgehalt der Mischung reicht zur Neutralisation aus. Da aber die dünnen Schweißplatten nicht entpudert werden, ist es notwendig, sie hinterher zu waschen. Die hierfür benutzte Apparatur ist gleichgültig; große Fabriken benutzen Trommelwäscher, schleudern das Wasser in Zentrifugen ab und trocknen in rotierenden Heitztrommeln. Das Waschen soll erst nach 24 Stunden nach der Vulkanisation vor-

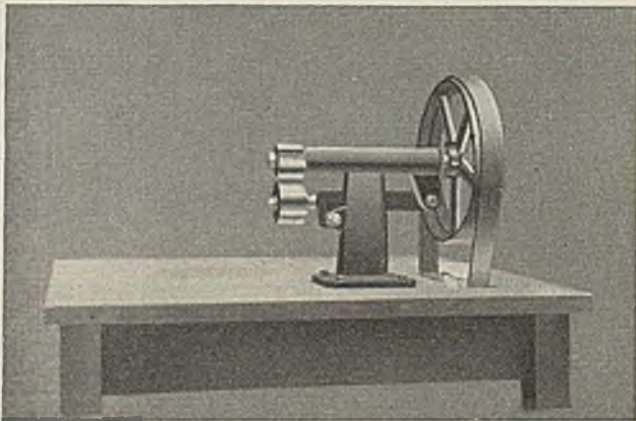


Abb. 766. Rüschenmaschine (P. Leyendecker, Köln-Ehrenfeld)

genommen werden, damit Zersetzungen und Säurebildung vermieden werden. Wenn beim Waschen starkes Schäumen auftritt, so deutet dies auf starke Dextrinbildung infolge feuchten Arbeitens hin. In diesem Falle muß mit vorzeitigem Verderben der Ware gerechnet werden.

Die trockenen Armblattplatten sind nun zum Einnähen in die ebenfalls gestanzten Stoffteile fertig. Es ist besonders wichtig, daß Kautschuk- und Stoffteile genau zusammen passen müssen. Dies ist nur dann der Fall, wenn die unvulkanisierte Kautschukplatte gut abgelagert ist. Wird sie zu frisch verarbeitet, so springt sie noch nach dem Stanzen

unregelmäßig ein, und es ist dann nicht möglich, glatt liegende Armblätter zu erzielen.

Bei der Fabrikation von Windelhosen werden drei Kleinmaschinen gebraucht. Die Zuschnitte haben etwa die Form der Abb. 765. Sie werden in der Linie a—b gefaltet und die Seiten werden an den mit x—x und

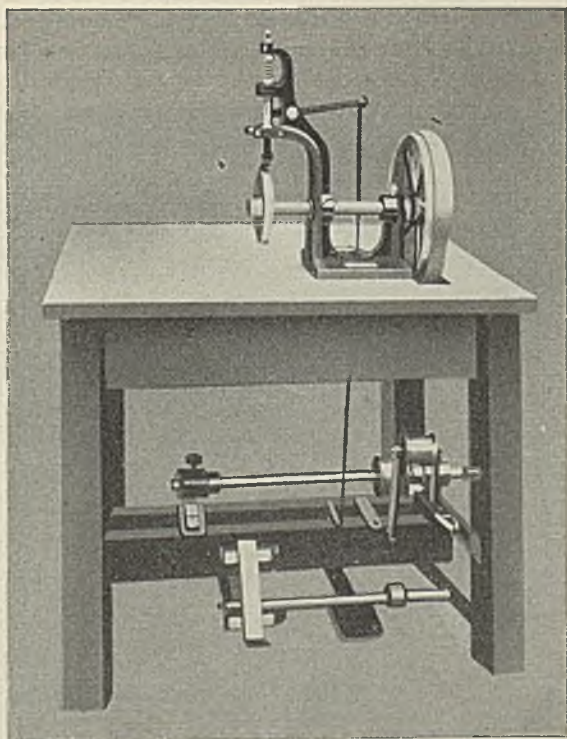


Abb. 767. Belegmaschine mit Transmission und Fußkupplung
(P. Leyendecker, Köln-Ehrenfeld)

y—y gezeichneten Linien knipsend geschnitten. Dies geschieht auf der in Abb. 766 gezeigten Maschine, an der nur die obere Walze durch ein Kreismesser mit Schneide nach Abb. 762 ersetzt wurde. Das Anpressen der Walzen kann wie in der Abbildung durch Fußhebel, aber auch durch Schraubspindeln erfolgen. Diese Knipsnähte werden auf der linken Seite mit einem Nahtstreifen belegt. Dies erfolgte früher von Hand, heute ausschließlich maschinell. Eine solche Belegmaschine zeigt Abb. 767. Sie preßt ein beliebig breites Band unter Riffelung auf die Naht auf. Hierdurch haften die Streifen genügend auf der Naht, auch ohne daß sie mit Kautschuklösung eingestrichen werden. Dann werden die Öffnungen für Beine und Leib gerüschelt und mit einem Zugband eingefasst. Dieses muß bereits ziemlich große Zugfestigkeit besitzen, andererseits aber noch kleben. Ein einfacher Weg zu seiner Anfertigung ist folgender: Aus

hochwertiger, strammer Mischung werden Platten von etwa 0,6 mm Dicke gezogen. Nach mehrtägigem Abhängen werden sie gut abgefegt. Dann werden rechteckige Stücke von solcher Breite geschnitten, daß diese dem gewünschten Umfang des Zugbandes gleichkommt. Die Längskanten werden mit dünner Kautschuklösung eingestrichen und nach dem Trocknen zusammengeklopft. Dazu benutzt man die in Abb. 768 gezeigte Maschine. Ein kleiner Stahlhammer wird durch eine schnell rotierende Nockenwelle gehoben und durch eine starke Feder auf den Amboß geschneit. Die Federspannung ist durch Schraubspindel regelbar. Die Enden der geklopften Schläuche werden zugeschnitten und diese werden dann 2 bis 3 Sekunden lang in ein etwa 2 Vol.% Chlorschwefel ent-

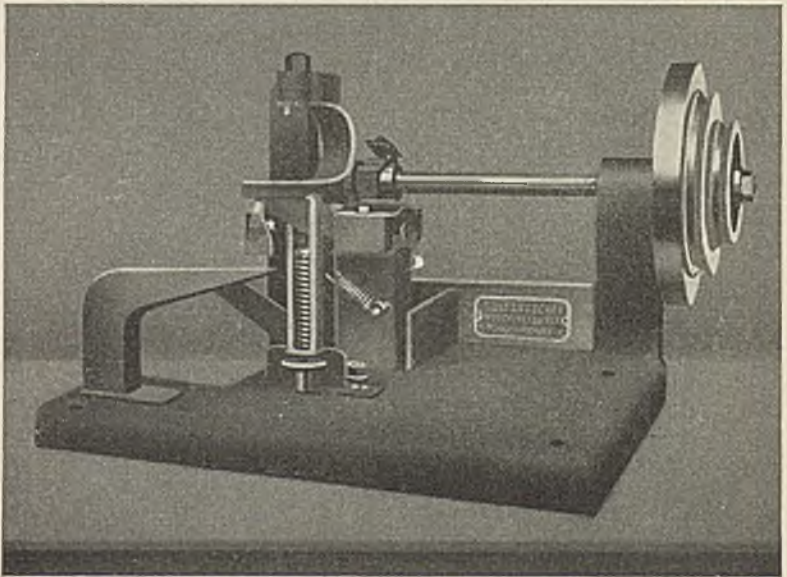


Abb. 768. Klopfmachine (P. Leyendecker, Köln-Ehrenfeld)

haltendes Vulkanisierbad getaucht. Dadurch werden sie oberflächlich vulkanisiert, während die Innenseite roh bleibt. Man läßt die Schläuche etwa 24 Stunden ablagern und schneidet sie dann in passende Streifen. Bei ihrer Verwendung werden sie mit der Innenseite nach außen gekehrt. Die Arbeiterin legt Windelhose und Zugband, dieses nach oben, zwischen die beiden Walzen der Rüschesmaschine (Abb. 766), preßt durch Fußhebel die Walzen zusammen und schaltet die Maschine ein. Sie zieht dabei das Zugband lang, so daß es etwa die Länge der Öffnung der Windelhose hat. Die Geschicklichkeit der Arbeiterin zeigt sich darin, daß nach beendetem Anpressen auf dem ganzen Umfang gleiche Spannung herrscht. Das Zugband zieht sich beim Nachlassen zusammen und bewirkt dadurch das Rüschen. Ist die Spannung ungleichmäßig gewesen, so zeigt sich dies an ungleichmäßiger Ausbildung der Rüsche. Eine ge-

schickte Arbeiterin kann etwa 500 Rüschen arbeitstäglich vornehmen. Die Vulkanisation erfolgt wie bei Armblättern, nur fällt hier der nachträgliche Waschprozeß fort.

Mit den gleichen Maschinen und Arbeitsvorgängen werden auch alle kaltvulkanisierten Badehauben und Zierschürzen hergestellt. Es gibt noch viele Spezialmaschinen, z. B. zum Schneiden von Fransen, zum Perforieren, doch bieten diese nichts grundsätzlich Neues. Von Badehauben soll deshalb nur die Plisséehaube näher beschrieben werden. Sie wird

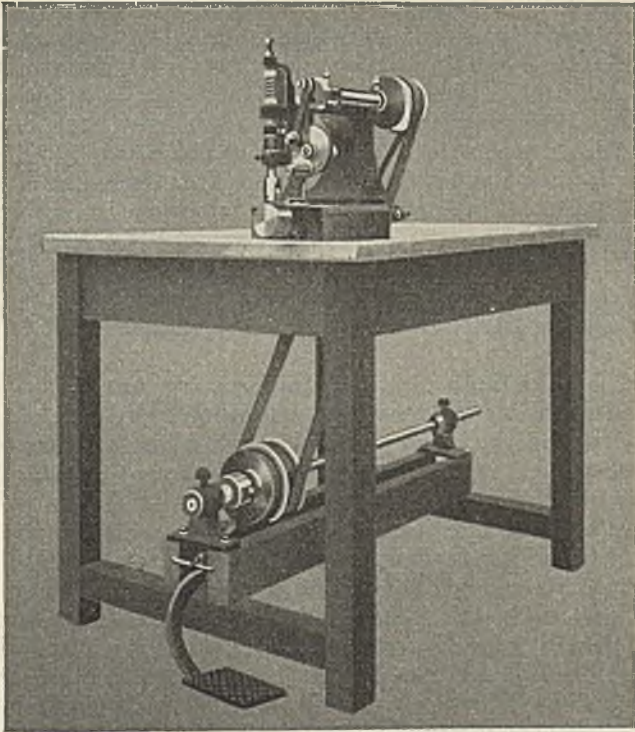


Abb. 769. Haubenplissiermaschine mit Transmission und Fußkupplung (P. Leyendecker, Köln-Ehrenfeld)

sowohl aus geschnittener wie mineralisierter Platte hergestellt, im letzteren Fall wird sie neuerdings meist warmvulkanisiert. Das Faltenlegen erfolgte früher von Hand. Man kann es aber mit der in Abb. 74 gezeigten Maschine schneller und billiger ausführen. Die runde Haubenplatte wird zwischen die Transportwalze und das verstellbare Rädchen gelegt. Wenn die Maschine läuft, wird durch einen Blechschieber ein Stück der Platte gehoben und auf den davorliegenden Teil gelegt. Das Riffelrädchen drückt dann die Falte fest. Damit sie gut klebt, ist der Rand der Haubenplatte mit Kautschuklösung bestrichen. An den fertigen Haubenkopf wird dann der Randstreifen angeschnitten. Die Kaltvulka-

nisation bietet nichts besonderes. Bei Warmvulkanisation ist zu beachten, daß sie des Aussehens halber nur in Heißluft erfolgen darf. Besonders schön werden die Hauben, wenn sie mit Zinkstearat gepudert waren; sie werden dann vollständig blank.

Gewisse Schwierigkeiten bereitet die Vulkanisation dadurch, daß die Plisséefalten ihre volle Rundung behalten sollen. Vor einigen Jahren wurde diese Forderung nicht gestellt; man legte die Hauben flach auf Aluminiumbleche. Dabei wurden die Falten, besonders auf der Unterseite, flachgedrückt. Um offene Falten zu erzielen, müssen die Hauben freistehend vulkanisiert werden. Das bedingt eine sehr feste, schnell anspringende Mischung, damit der Kautschuk nicht während des Anheizens verlaufen kann. Andererseits erschwert die Verwendung hochaktiver Beschleuniger die Verarbeitung der sehr erheblichen Stanzabfälle (40 bis 50% der Platte). Man muß daher einen geeigneten Mittelweg finden. Eine geeignete Mischung enthält z. B. auf 100 Teile Crepe 20 Teile hellgelben Faktis (dies erhöht die Standfestigkeit der warmen Mischung), 8 Teile Zinkoxyd, 1,5 Teile Schwefel, 1 Teil Vulkacit F, 8 Teile Eisenoxydrot und 70 Teile Kieselkreide. Diese Mischung springt bei etwa 120° an und ist bei 143° in 8 bis 10 Minuten ausgeheizt. Sie verträgt ziemlich starke Überheizung und ist andererseits bei den üblichen Verarbeitungstemperaturen sehr unempfindlich und lange lagerfähig.

Während bei kaltvulkanisierten Hauben der verstärkende Trikotstreifen erst nach der Vulkanisation eingeklebt wird, ist hier das Einkleben in die rohe Haube zu empfehlen, um dem Rand einen besseren Halt zu geben. Trikotgummierung und Klebelösung müssen in diesem Fall natürlich vulkanisierfähig sein. Die Hauben werden auf Aluminiumständer gesetzt, die der Haubenform angepaßt sein müssen. Wie Abb. 770 zeigt, besteht der Ständer aus zwei etwa 2 cm entfernten Aluminiumplatten. Die senkrechten Kanten sind durch runde Bleche miteinander verbunden (Schnitt a—b), während der Bogen offen ist. Diese Öffnung nimmt den Kopfteil der Haube auf, während der Rand auf der Grundplatte aufsteht. Die Heizung erfolgt im Heißdruckluftkessel wie bei Gummischuhen. Der Kesselmantel muß stets heiß bleiben. Nach Schließen des Kessels wird unter Einschaltung der Luftumwälzung Druckluft von mindestens 2 bis 3 Atü eingepulst. Um eine möglichst schnelle Temperatursteigerung zu erhalten, ist die Einrichtung vorzuziehen, bei der die Druckluft durch eine Pumpe in einen gesonderten Vorwärmer gedrückt und von dort wieder in den Vulkanisierkessel eingepulst wird. Kessel mit bloßer Luftumwälzung durch eingebauten Ventilator erfordern ein Mehrfaches an Anheizzeit. Die Luftbewegung soll sehr lebhaft sein; je stärker sie ist, desto schneller wird ein Temperatenausgleich erreicht, desto geringer ist auch die Gefahr, daß die Hauben verlaufen. Die Vulkanisation beginnt natürlich bereits bei etwa 120°. Man steigert daher möglichst schnell auf etwa 143° und läßt noch einige Minuten bei dieser Temperatur stehen. Dann stellt man die Luftzirkulation ab, bläst die Druckluft ab und öffnet sofort. Es kann nicht genug betont werden, daß das Gelingen der Operation in allererster Linie von der Konstruktion

des Kessels abhängt. Schnelle Luftumwälzung und gleichmäßige Verteilung ohne tote Winkel sind die unerläßlichen Vorbedingungen, gegen die der Aufbau der Mischung stark an Wichtigkeit verliert.

Ähnliche Bedingungen sind auch bei der Anfertigung von Badeschuhen zu erfüllen. Der kaltvulkanisierte Badeschuh, der diesen Artikel stark in Mißkredit gebracht hat, gehört wohl der Vergangenheit an. Die Konfektion der Ganzgummischuhe ist sehr einfach. Aus der etwa 1 mm starken Platte, die zweckmäßig innen mit Talkum, außen mit Zinkstearat gepudert ist, werden Stücke ausgestanzt, ähnlich Abb. 771. Diese

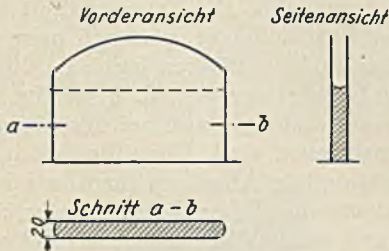


Abb. 770. Vulkanisierständer für Plisséehauben



Abb. 771. Stanzform eines Badeschuhes

Zuschnitte werden dann längs der Außenkante mit rotierendem Knippsmesser zugeschnitten, ähnlich wie bei Windelhosen beschrieben. Dann werden sie auf Aluminiumleisten aufgezogen und mit Kappe, Rand- und hinterer Nahtverstärkung beklebt. Die Sohlen werden wie bei Gummischuhen auf dem Profilkalender gezogen, ausgestanzt und mit vulkanisierfähiger Kautschuklösung auf den Schaft aufgeklebt. Die Vulkanisation erfolgt in derselben Weise wie bei Plisséehauben. Auch hier sind die drei Punkte genau zu beachten: Stabile Mischung, schnelles Anheizen und gleichmäßige Temperatur in allen Teilen des Kessels.

Es ist unmöglich, alle Artikel im einzelnen zu besprechen; es ist auch unnötig, da immer wieder die gleichen Arbeitsgänge vorkommen. Nur noch ein wichtiger Punkt bedarf einer kurzen Erörterung, die Abfallfrage. Es wurde bereits an einigen Stellen darauf hingewiesen, daß beim Zuschneiden sehr große Mengen davon entstehen. Bei Armblättern sind sie am geringsten und betragen etwa 20%. Bei Schürzen, Badehauben und Schuhen können sie sich dagegen auf 50% und mehr belaufen. Es ist daher eine Lebensfrage für die Fabriken, diesen Abfall wieder zu verwenden.

Armblätterabfall ist meist rein, nur stark gepudert. Man entfernt vor der weiteren Verarbeitung den größten Teil davon, indem man die aufgelockerten Abfälle in Drahttrommeln stark ventiliert. Man kann ihn dann in Mengen von 10 bis 20% beim Anwärmen der neuen Mischung wieder zusetzen. Ähnlich verfährt man mit unbedruckten bunten Abfällen für Badehauben und Schürzen. Schwierig wird die Wiederverwendung bedruckter Abfälle. Beim Zusammenwalzen ergeben sich aus Grund- und Druckfarbe schmutzige Mischöne, die eine Verarbeitung

auf prima Artikel unmöglich machen. Ein guter Ausweg ist die Anfertigung schwerer Wirtschaftsschürzen, bei denen auf reine Farben kein so großer Wert gelegt zu werden braucht. Da dieser Artikel meist 0,6 bis 0,75 mm stark gearbeitet wird, kann er recht erhebliche Mengen Abfall aufnehmen. Ein anderer Ausweg ist der, die Abfälle durch Zusatz geringer Mengen Ruß schwarz zu färben und alle schwarzen Hauben und Schürzen lediglich aus solcher Platte herzustellen. Endlich kann man einen Teil der Abfälle auf billige Mischungen für Bettstoffe, Mäntel-dublierungen u. ä. umarbeiten.

Warm zu vulkanisierende Abfälle sind selten bedruckt. Man kann sie daher meist für die gleichen Artikel verwenden. Die Schwierigkeit liegt hier in der Verwendung zu wirksamer Beschleuniger, wodurch beim Lagern oder Wiederverarbeiten Anvulkanisation eintreten kann. Es dürfen deshalb nur Sicherheitsbeschleuniger benutzt werden, d. h. solche, die die Lagerfähigkeit der Platte nicht beeinträchtigen und bei den ziemlich hohen Verarbeitungstemperaturen unwirksam sind. Ohne Berücksichtigung aller dieser Punkte kann die bestgeleitete Abteilung für Kautschuk-(Gummi)Kurzwaren niemals rentabel arbeiten. Der Betriebsleiter muß also bei allen Maßnahmen — Einführung neuer Mischungen, Artikel oder Dekorationsmethoden — sich sofort darüber klar werden, wieviel Abfall er dabei zu erwarten hat und auf welche vorteilhafteste Weise er ihn wieder benutzen kann.

GUMMISCHUHWERK

VON DR. PHIL., DR. ING. JOSEF TALALAY, LONDON

Räumt man der Herstellung von Automobilreifen im Rahmen der Kautschuk verarbeitenden Industrie den ersten Platz ein, so gebührt wohl die zweite Stelle der Gummischuhfabrikation.

Die Anfänge dieses Industriezweiges liegen in den Vereinigten Staaten, wo man, angeregt durch die in den ersten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts aus Südamerika eingeführten, von Indianern aus Latex getauchten Schuhe, schon sehr früh mit der fabrikmäßigen Herstellung von Gummischuhwerk begann. Die Vereinigten Staaten marschieren auch heute mit einer Jahresproduktion von über 100 Millionen Paar¹ an der Spitze der erzeugenden Länder. In Europa finden sich die größten Produktionsstätten dieser Industrie in Rußland, wo die klimatischen Ver-



a) ohne Lasche, mit Sporn



b) mit Lasche und Sporn

Abb. 772. Herren-Gummischeuhe (Phoenix A.-G., Harburg-W.)

hältnisse dem Gummischuhwerk weite Verbreitung sicherten und zu einem raschen Emporblühen dieses Industriezweiges führten. Die großen russischen Gummifabriken in Leningrad und Moskau hatten 1931 eine Jahresproduktion von 54 Millionen Paar Gummischuhen erreicht.

Die Arten der aus Gummi hergestellten Schuhe sind mannigfach, und die Mode der letzten Jahre hat sie noch um zahlreiche Ausführungen bereichert, zumal seitdem durch Verwendung organischer Vulkanisationsbeschleuniger die Herstellung farbiger Schuhe möglich wurde. Die bekanntesten und vorzugsweise hergestellten Gummischuharten sind Galoschen, Überschuhe (Schneeschuhe), Russenstiefel, Turn- und Tennisschuhe. Dazu kommen noch Strandschuhe, Opanken, Jagdschuhe und anderes, Berufszwecken dienendes Schuhwerk.

Obwohl die Wasserundurchlässigkeit des Gummis und seine schlechte Wärmeleitfähigkeit ihn zum wertvollen Material für eine warme und wasserdichte Fußbekleidung machen, fehlt ihm die Steifheit in dünnen Schichten, wie sie gegerbtem Leder eigen ist. Genau so wie beim Automobilreifen, konnte daher auch beim Gummischuh erst durch Zuhilfe-

¹ Gummischuherzeugung der Vereinigten Staaten (in 1000 Paar):

	1927	1929
Gummistiefel	5 362	5 454
Galoschen und Überschuhe	71 577	51 357
Kanvasschuhe mit Gummisohlen	28 810	43 954

nahme von Geweben ein brauchbares und elegantes Erzeugnis geschaffen werden.

Der Aufbau des Gummischuhs wurde sehr kompliziert, und trotz mancher Vereinfachungsversuche ist ein normaler Schuh auch heute noch aus 15 bis 20 Teilen zusammengesetzt, die aus Gummi, gummierten Geweben oder aus Kautschukmischungen mit reichlichem Zusatz gemahlener, unvulkanisierter Stoffabfälle (sogen. »Raggummi« oder »Ragsatz«-Mischungen) bestehen.

Aufbau eines Gummischuhes

Bevor die Herstellung der Gummischuhe und die dazu notwendige Vielfalt der Arbeitsstätten beschrieben wird, sei am Beispiel einer Herren-Wintergalosche (russischer Art) der Aufbau eines Schuhs erläutert. In Abb. 772a ist eine derartige Galosche gezeigt, während in Abbildung 773 ihre 16 Bestandteile untereinander gezeichnet sind. Man kann diese Bestandteile in drei Gruppen einteilen: a) die wärmenden Futterteile, b) die der Verstärkung dienenden (unsichtbaren) Gerüstteile und c) die wasserdichten Deckteile.

Zu den Futterteilen ist in diesem Falle die Futtersohle (1), die rauhe Kappe (2) und der Futteroberteil (3) zu zählen.

Die **Futtersohle** (1) besteht aus gefärbtem Flanell oder auch aus gefärbtem Nessel, der einseitig gummiert und darüber mit einer Raggummiplatte (siehe oben) auf dem Kalander belegt ist.

Der **Futteroberteil** (3) ist entweder gleichfalls aus Flanell oder aus einseitig gummiertem, gefärbtem Trikot (Baumwoll-, Halbwooll- oder Wollstoff), der häufig zwecks besseren Wärmeschutzes auf der anderen, dem Fuß zugekehrten Seite geraut ist.

Der dritte Teil des Futters, der aber bereits zu den verstärkenden Teilen gerechnet werden kann, ist die **Rauhe** oder **Futterkappe** (2). Sie ist aus Raggummimischung hergestellt und trägt auf der inneren, dem Lederschuh zugekehrten Seite eine feine Würfelprofilierung, die das Abutschen der Galosche beim Gehen verhindert.

Die Kappe und der Oberteil werden von einem sogen. **schwarzen Band** (4) zusammengehalten, einem etwa 15 mm breiten, diagonal geschnittenen Nesselstreifen. Zur besseren Bindung an die darunter und darüberliegenden Teile ist der Stoff dieses Streifens beiderseitig gummiert und mit dünner Gummiaufgabe versehen.

Die dann in der Zusammenstellung (Abb. 773) folgenden Teile (5) bis (14) dienen der Versteifung der einzelnen Partien des Schuhs. Sie bilden sein Gerüst.

Die Sohle der Galosche wird durch die Halbsohle (5), die beiden Fersestücke (11) und die Zwischensohle (14) verstärkt.

Die **Halbsohle** (5), die den Schuh widerstandsfähig gegen Biegen macht, ist aus der lederharten Ragsatzmischung hergestellt. Zur Erzielung eines glatten Überganges ist sie vorn, wo sie auf die Futtersohle ausläuft, geschärft.


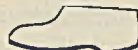







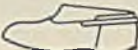

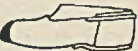
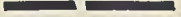








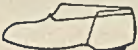





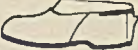




Nr.	Teil	Zusammenbau	Bezeichnung der Teile
1			Futtersohle, gefärbter Flanell oder Nessel, einseitig gum. (frikioniert) und darüber mit etwa 0,65 mm starker Rag-Gummi-Platte belegt
2			Rauhe Kappe, feindlamantierte Platte aus Rag-Gummimischung, Stärke 1,0-1,4 mm
3			Futteroberteil, gefärbter Flanell oder glatter bzw. einseitig gerauhter Trikotstoff, einseitig gummiert (frikioniert)
4			Schwarzes Band, roher Nessel, doppelseitig gummiert (frikioniert) und einseitig mit dünner Gummiplatte belegt
5			Halbsohle, Rag-Gummi-Platte, etwa 1,4 mm stark
6			Zehenkappe, roher Nessel, doppelseitig gummiert und einseitig mit etwa 0,75 mm starker Rag-Gummi-Platte belegt
7			Graues Band, roher Nessel, schräg geschnitten, doppelseitig gummiert (frikioniert)
8			Gummiband, Gummimischung, Stärke etwa 0,5 mm
9			Trikotzwischenblatt, roher Trikotstoff, doppelseitig gummiert (frikioniert)
10			Dicke Kappe, roher Nessel oder Leinen, doppelseitig gummiert und einseitig mit etwa 1,2 mm starker Rag-Gummi-Platte belegt
11			2 Fersenstücke, Rag-Gummi-Platte, zirka 1,4 mm stark
12			Dünne Kappe, roher Nessel, doppelseitig gummiert und einseitig mit dünner Gummiplatte belegt
13			Sporn, Rag-Gummi-Mischung, Stärke etwa 0,6 mm
14			Zwischensohle, roh. Nessel, beidstg. gum. (frik.) u. a. d. einen Seite mit 0,75 mm st. Rag-Gum.-Pl. belegt
15			Oberblatt, Gummimischung, 0,5 bis 1,0 mm stark
16			Gummisohle, Gummimischung, diamantiert und profiliert

Abb. 773. Bestandteile und Aufbau einer Galosche

Aus dem gleichen Material sind auch die beiden ² F e r s e n s t ü c k e (Absatzflecken) (11), während die darüberliegende

Z w i s c h e n s o h l e (14) aus gummiertem leichten Nessel mit einseitiger Ragauflage besteht. Neben der verfestigenden Wirkung hat die Zwischensohle die Aufgabe, für die profilierte Gummisohle (16) eine ebene Unterlage zu schaffen.

Die Schuhspitze wird von einer Z e h e n k a p p e (6) gegen Stöße weniger empfindlich gemacht, die aus gummiertem und mit Raggummiauf-
lage versehenem Nessel besteht.

Das g r a u e B a n d verbindet Stoßkappe (Zehenkappe), Futtersohle, Futteroberteil und Halbsohle miteinander (7). Es hat eine Breite von 25 bis 30 mm und ist schräg aus starkem, doppelseitig gummiertem Nessel geschnitten.

Die obere Kante der Galosche wird von einem dehnbaren G u m m i -
b a n d (8) eingefast und so vor dem Einreißen geschützt.

Eine Eigentümlichkeit des hier abgebildeten Schuhs ist das T r i k o t -
z w i s c h e n b l a t t (9). Ohne die Dehnbarkeit des Schaftes zu beeinträchtigen, gibt dieses Zwischenblatt dem Schuh mehr Stabilität, bildet eine zusätzliche Wärmeisolation und schafft, da es doppelseitig und glatt gummiert ist, für das darüberkommende Gummioberteil (15) eine glatte Auflagefläche.³

An der Ferse der Galosche befinden sich von den Gerüstteilen die d i c k e (10) und die d ü n n e K a p p e (12) und der Sporn (13).

Die beiden Kappen versteifen die hintere Schuhpartie und erleichtern dadurch das Anziehen der Galosche. Die dünne Kappe (12) sorgt darüber hinaus für einen besseren Zusammenhalt zwischen dem Trikotblatt (9) und der dicken Kappe (10) und schafft gleichzeitig einen allmählichen Übergang an der Ferse.

Der Sporn (13) ermöglicht das Abziehen der Galosche ohne Zuhilfenahme der Hände.

Die dicke Kappe (10) ist aus gummiertem Nessel oder Leinen mit einseitiger starker Raggummiauf-
lage. Die dünne Kappe (12) ist aus gummiertem Nessel, der einseitig mit einer dünnen Gummiplatte belegt ist, während der Sporn (13) meist aus Raggummimischung besteht.

Die Deckteile der Galosche sind aus Gummi. Es sind dies das O b e r -
b l a t t (15) und die profilierte G u m m i s o h l e (16). Das Oberblatt muß eine glatte Oberfläche aufweisen und hat eine Stärke von 0,5 bis 1,0 mm, je nach Art des Schuhs. Die Gummisohle setzt sich aus drei Teilen zusammen, die beim Gehen verschiedene Funktionen erfüllen: einem profilierten Absatzteil von 3,4 bis 5,5 mm Stärke, einem glatten 2,2 bis 3,1 mm starken Gelenkstück, das die Fabrikmarke trägt, und einem 2,4 bis 3,7 mm starken mit der bekannten Würfeldiamantierung versehenen Sohlenteil.

² Häufig nimmt man nur ein Fersenstück.

³ Zahlreiche Fabriken verzichten auf diesen Teil und ersetzen ihn durch eine G u m m i a u f l a g e auf dem Futteroberteil (vgl. Abb. 775).

Die Außenfläche der ganzen Galosche ist mit einem elastischen, nicht abblätternden L a c k bedeckt.

Abb. 774 zeigt einige Typen der in den letzten Jahren sehr beliebt gewordenen Ü b e r s c h u h e. Die Bestandteile eines solchen Schuhes mit Gummioberblatt (Abb. 774b) und die Anordnung der Teile im Schuh veranschaulicht Abb. 775.



a) Gummistiefel

c) mit Stoffoberblatt

b) mit Gummioberblatt

d) mit Stoffoberblatt und Reißverschluß

Abb. 774. Damen-Überschuhe und Stiefel (Phoenix A.-G., Harburg-W.)

Produktionsgang in einer Gummischuhfabrik

Der Herstellungsprozeß des Gummischuhs umfaßt im wesentlichen die folgenden sechs Phasen:

1. Die Herstellung der Mischungen.
2. Das Ziehen der Platten und das Gummieren der Gewebe.
3. Das Ausstanzen und -schneiden der Einzelteile.
4. Das Konfektionieren der Teile über einem Leisten.
5. Das Lackieren der Schuhe.
6. Die Vulkanisation.

Abb. 776 zeigt schematisch den Produktionsgang in einer Gummischuhfabrik. Während die einzelnen Kreise in der Reihenfolge ihrer Nummerierung die Arbeitsstätten zeigen und in ihrer Größe den relativen Raumbedarf der betreffenden Abteilung andeuten, wird der eigentliche Fabrikationsgang durch die Pfeile, die die Kreise miteinander verbinden, veranschaulicht.

In Abb. 776 sind zwei Sammelpunkte erkennbar, um die sich die anderen Abteilungen gruppieren: die Mischkammer (7) und der Konfektionier-saal (15).























Nr.	Teil	Zusammenbau	Bezeichnung der Teile
1			Futterkappe, einseitig gerauhter Baumwolltrikot, einseitig vorgummiert und mit 0,3 bis 0,5 mm starker Gummipolsterung belegt
2			Futteroberenteil, Material wie Nr. 1
3			Futterband, roher Nessel, doppelseitig gummiert (frikioniert)
4			Futtersohle, gefärbter Nessel, einseitig mit Raggummimischung (0,35 mm stark) friktioniert
5			Halbsohle (hinten), Raggummipolsterung (0,6 bis 0,8 mm stark)
6			Halbsohle (vorne) Material wie Nr. 5
7			Graues Band, roher Nessel, schräg geschnitten, doppelseitig gummiert (frikioniert)
8			Fersenstück, Raggummipolsterung 1,6 bis 2,0 mm stark
9			Zehenkappe, roher Nessel, eine Seite gummiert, andere Seite (etwa 0,2 mm stark) mit Raggummimischung friktioniert
10			Dicke Kappe, roher Nessel, eine Seite gummiert, andere Seite mit etwa 0,6 mm starker Raggummipolsterung belegt
11			Dünne Kappe, Material wie Nr. 10
12			Futtereinsatz, gefärbter Nessel, einseitig gummiert (frikioniert), mit kleiner Verstärkung für Druckknopf (Material wie Nr. 7)

Abb. 775. Bestandteile eines Damen-Überschuhs mit Gummiüberblatt

Der Mischkammer (7) werden aus den Lagern die Chemikalien (1), Regenerate (3), Rohgummi (Plantagengummi (4) oder — nach dem

Nr.	Teil	Zusammenbau	Bezeichnung der Teile
13			2 EinreiBecken, roher doppelseitig gummierter Nessel
14			Oberblatt (vorn), Gummimischung etwa 0,8 mm stark
15			2 Trikoteinsätze, schwarzer einseitig gummierter Baumwolltrikot
16			Kragen. a) einseitig gummierter Samt, b) doppelseitig gummierter Nessel, c) einseitig gummierter Trikot (wie Nr. 15). An den Flügeln durch zwei Stücke (d) verstärkt (Material wie Nr. 10). Aeußerer Rand gesäumt.
17			Oberblatt (hinten), zweiteilig, Gummimischung, etwa 0,8 mm stark
18			Zwischensohle, roher Nessel, einseitig gummiert, andere Seite mit Raggummimischung (0,3 mm stark) fraktioniert
19			Gummisohle, Gummimischung, profilierte und diamantierte Platte
20			Verschluss, gewebtes Gummibund mit verstellbarem Druckknopf

Abb. 775. Bestandteile eines Damen-Überschuhs mit Gummioberblatt

Waschen (5) und Trocknen (6) — Wildkautschuk) zugeführt. In die Mischkammer kommen auch aus der Oberblatt- und Sohlenschneiderei (12) die unvulkanisierten Gummiabfälle zurück, ebenso wie — über das Mahlwalzwerk (9) — aus der Stoffzuschneiderei (13) die gemahlten, unvulkanisierten Stoffabfälle. Abgewogen und zusammengesetzt werden die Mischungsbestandteile von hier (7) in Kästen nach dem Mischwerk (8) befördert, wo sie auf Innenmischern oder Walzwerken gemischt und dem Kalanderraum bzw. der Stoffstreicherei, die beide sich in 11 befinden, zugeführt werden.

Im Kalanderraum (11) werden aus den Mischungen Gummi- und Ragplatten gezogen und die aus dem Stofflager (10) kommenden Gewebe gummiert. Von hier gelangen die Gummiplatten in die Oberblatt- und Sohlenschneiderei (12), während die gummierten Stoffe und die Ragplatten in die Stoffzuschneiderei (13) geleitet werden.

Die in diesen Werkstätten (12 und 13) gestanzten oder geschnittenen

Teile des Schuhes werden nach dem Konfektioniersaal (15) gebracht⁴, wo sie auf Leisten von Hand zusammengeklebt werden.

Die konfektionierten Schuhe rollen auf Wagen in den Lackierraum (16) und dann in den Vulkanisiererraum (17), wo sie in heißer Druckluft geheizt werden. Nach der Vulkanisation und dem Abkühlen werden die Schuhe in der Ausleisterei (18) von den Leisten genommen. Während die Leisten über das Lager (19) dem Konfektioniersaale wieder zugeführt werden, gelangen die Schuhe in den Sortiersaal (20). Hier werden sie einige Tage beobachtet, aussortiert, gestempelt und dann entweder über die Expedition (21) zum Versand gebracht oder auf das Schuhlager (22) gelegt.

A. Die Herstellung der Mischungen

Die in Abb. 776 durch die Ziffern 1, 2, 4 und 10 bezeichneten Lager bedürfen keiner Erläuterung. Ebenso erübrigt sich die Beschreibung des Regenerierwerkes (3), da die Regenerierung des Altgummis an anderer Stelle dieses Buches ausführliche Behandlung findet.

Waschwalzwerk (Abb. 776, 5). Man verwandte früher bei der Gummischuhherstellung viel Wildkautschuk (Para, Peruvian, Benguela usw.). Die Fabriken hatten eigene große Waschabteilungen, die mit Waschmaschinen (System *Werner & Pleiderer*) und Waschwalzwerken mit glatten und gerippten Walzen ausgerüstet waren. Diese Maschinen sind in einem entsprechenden Kapitel dieses Handbuches beschrieben. Wildkautschuk ist in neuerer Zeit sehr weitgehend durch Plantagenkautschuk verdrängt worden, und das Waschwerk hat im Rahmen des Fabrikbetriebes an Bedeutung verloren.

Trockenboden (Abb. 776, 6). Zum Trocknen des Rohgummis ist eine Reihe von Einrichtungen entwickelt worden, die in dem Kapitel über Gummimaschinen erwähnt sind. Trotzdem bevorzugten viele Gummischuhfabriken die Lufttrocknung. Der gewaschene Kautschuk wurde auf große, auf dem Boden des Fabrikgebäudes befindliche Trockenräume gebracht, in denen Rippenrohre für Erwärmung und Ventilatoren für die nötige Zirkulation der Luft sorgten. Auch das Trocknen des Kautschuks spielt heute aus den zu (5) angeführten Gründen nur noch eine untergeordnete Rolle.

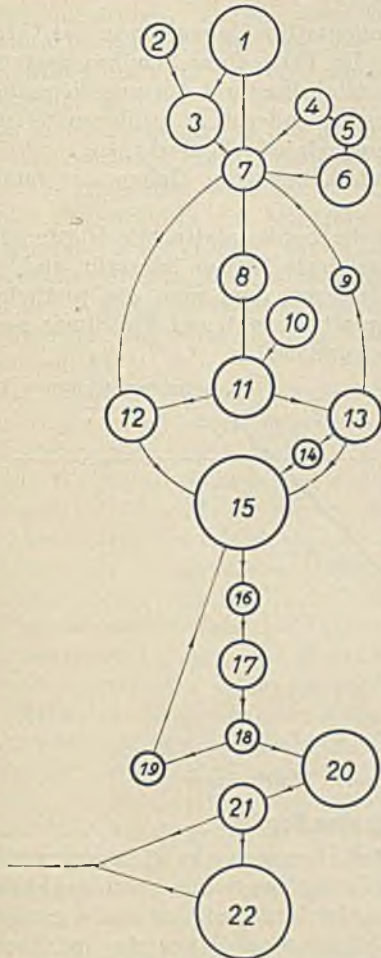
Die Einrichtung der **Mischkammer** (Abb. 776, 7) einer Gummischuhfabrik ist die gleiche, wie wir sie in anderen Zweigen der Gummiindustrie finden.

Mischwerk (Abb. 776, 8). Da die Gummischuhfabrikation mit einer beschränkten Anzahl von Mischungen arbeitet und andererseits die von den einzelnen Mischungen benötigten Mengen beträchtlich sind, ist es möglich, das Mischwerk einheitlich und einfach auszurüsten. Man verwandte früher 16" × 45"- oder 20" × 60"-Walzwerke. In den modernen Gummischuhfabriken finden in steigendem Maße Innenmischer vom System *Banbury* oder *Werner & Pleiderer* Anwendung, und zwar in Verbindung mit 72"- oder 84"-Walzwerken. Über die Leistung derartiger Aggregate im Vergleich zur Leistung offener

⁴ Die Ränder der von (13) kommenden Futterinnenteile werden zuvor in der Schmierabteilung (14) mit Gummilösung bestrichen.

Walzwerke sind in dem Kapitel »Mischungswesen« Zahlen gegeben worden. Die nachstehenden Angaben sollen daher lediglich die Vorteile veranschaulichen, die die Verwendung von Innenmischern speziell in der Gummischuhindustrie hat. Sie basieren auf Untersuchungen in einer amerikanischen Schuhfabrik.⁵

Zur Aufstellung gelangte ein Banburymischer Nr. 9, kombiniert mit einem 72"-Walzwerk. Das Aggregat diente dazu, acht 45"-Walzwerke zu ersetzen und hatte mit rund 19 000 kg pro 20-Stundentag eine um etwa 5% höhere Leistung als die ehemals benutzten acht Walzwerke. Die Rentabilitätsprüfung der Anlage ergab eine Ersparnis von 39,5% an Strom, von 77,6% an Arbeitskraft und von 59,1% der jährlichen Betriebskosten für die Mischabteilung.



1. Chemikalienlager
2. Altgummilager
3. Regenerierwerk
4. Rohgummilager
5. Waschwerk
6. Trockenboden
7. Mischkammer
8. Mischwerk
9. Mahlwalzwerk
10. Stofflager
11. Kalanderraum und Stoffstreicherei
12. Gummizuschneiderei
13. Stoffzuschneiderei
14. Schmierabteilung
15. Konfektioniersaal
16. Lackierraum
17. Vulkanisation
18. Ausleisterei
19. Leistenlager
20. Sortierraum
21. Expedition
22. Fertigwarenlager

Abb. 776. Produktionsgang in einer Gummischuhfabrik

Mahlwalzwerk (Abb. 776, 9). Im Mahlwalzwerk werden die beim Stanzen und Schneiden der Stoffteile sich ergebenden unvulkanisierten Abfälle zerkleinert, die — wie beim Aufbau des Schuhs erwähnt — für die aus Raggummimischungen bestehenden Innenteile des Schuhs gebraucht werden. Man nimmt Walzwerke stabiler Konstruktion von meist 350 mm Durchmesser und 700 mm Ballenlänge mit doppelseitigem Antrieb. Die Walzen, von denen die eine glatt, die andere gerieft ist, müssen heiz- und kühlbar sein. Eine ausführlichere Beschreibung findet sich in dem Kapitel über Gummimaschinen.

⁵ Vgl. Nielsen Survey Nr. FB-56-RZ (1930).

B. Das Ziehen der Platten und das Gummieren der Gewebe (Abb. 776, 11)

Das Ziehen der Gummi- und Raggummiplatten⁶ ebenso wie das Gummieren der Gewebe, aus denen später die Teile eines Schuhs gestanzt werden, geschieht nur in kleinen Gummifabriken auf ein und derselben Maschine (einem sogenannten »Universalkalender«). In größeren Betrieben dienen dazu meist drei verschieden geartete Kalandertypen:

1. Der Oberblattkalender, der ausschließlich zum Ziehen der feinen Oberplatten benutzt wird,
2. der Profilkalender, auf dem man die Sohlenplatte, die Platten für die rauhe Kappe sowie andere dessinerte Platten herstellt, und
3. der Friktions- und Plattenkalender, mit dem man die restlichen größeren Gummi- und Raggummiplatten zieht und die Stoffe nach den verschiedenartigen Methoden gummiiert.

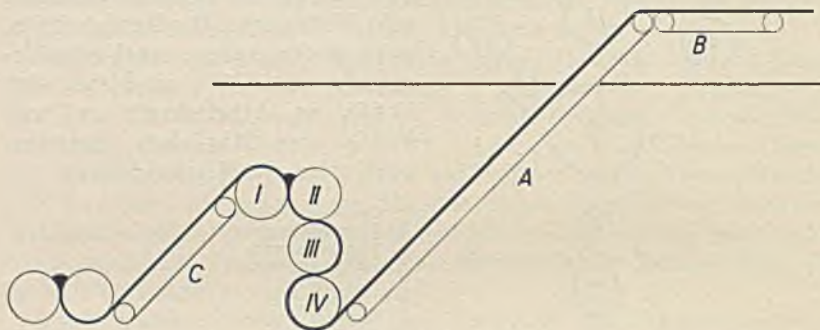


Abb. 777. Oberblattkalender (Laufschemata)

1. Oberblattkalender

Die Oberplatte wird aus hochwertiger Gummimischung hergestellt. In Abhängigkeit von der Größe und Ausführung des Schuhs schwankt ihre Stärke zwischen 0,5 und 1,0 mm. Die Anforderungen, denen sie genügen muß, sind: Gleichmäßige und genaue Stärke, hochglänzende Oberfläche, vollständige Blasenfreiheit und gute Klebekraft. Diesen Bedingungen muß einmal die Mischung in ihrem Aufbau Rechnung tragen, sodann muß man aber zum Ziehen der Oberplatte einen einwandfreien Kalender verwenden, bedient von einem erfahrenen Kalenderführer mit gutem Hilfspersonal.

Bauart des Oberblattkalenders. Meist wird ein Vierwalzenkalender genommen. Zuweilen begnügt man sich auch mit einem Präzisions-Dreiwälzenkalender. Auf jeden Fall ist es ratsam, den Kalender nur für diesen Zweck oder zum Ziehen reiner Gummiplatten zu benutzen, jedoch nicht zum Streichen von Stoffen, da hierdurch die Walzenoberfläche leidet und ihre Glätte einbüßt.

⁶ Platten aus Gummimischungen mit reichlichem Zusatz gemahlener, unvulkanisierter Stoffabfälle.

Der Vierwalzenkalandar hat meist 1350 mm Ballenlänge und 500 mm Walzendurchmesser. Seine Walzen sind entweder senkrecht übereinander angeordnet, oder die erste Walze ist, wie in Abb. 777 gezeigt, der zweiten vorgelagert. Sie bestehen aus Coquille-Hartguß und müssen — namentlich die unterste oder die beiden unteren — tadellos geschliffen und poliert sein.

Da jede Erschütterung des Kalandars sich auf der Platte in Form von Streifen markiert, die das fertige Produkt unansehnlich machen, muß der Lauf des Kalandars vollständig ruhig und gleichmäßig sein. Der Antrieb erfolgt daher durch ein gefrästes Zahnradgetriebe von einem in seiner Tourenzahl regulierbaren Motor. Die Zahnräder des Kalandars sollen gleichfalls gefräste, am besten winkelförmige Zähne haben. Die Tourenzahl der Walzen beträgt bei 500 mm Durchmesser 4 bis 5 Umdrehungen pro Minute, was einer Umfangsgeschwindigkeit von 6,28 bis 7,85 m/Min. gleichkommt.

Der Kalandar wird meist mit **G l e i c h g a n g** gebaut. Einige Fabriken ziehen es vor, zwischen seinen ersten drei Walzen Friktion vorzusehen, und zwar steigt dann die Walzengeschwindigkeit von der ersten zur dritten Walze an. Hierbei liegt das Geschwindigkeitsverhältnis der ersten zur zweiten höher als das der zweiten zur dritten. Die vierte Walze läuft mit der dritten im Gleichlauf. Andere Fabriken sehen beim Oberblattkalandar nur zwischen den beiden oberen Walzen eine kleine Friktion vor. In beiden Fällen hat die Friktion den Zweck, noch evtl. in der Kautschukmasse vorhandene Luftblasen zu entfernen und die Masse besser vorzuwärmen. Letzteres ist aber überflüssig, wenn die Mischung auf dem Vorwärmewalzwerk schon genügend mastiziert ist und die Beschickung des Kalandars in geeigneter Weise erfolgt.

Vorwärmung und Beschickung. Zum Speisen des Kalandars dienen gewöhnlich zwei Vorwärmewalzwerke, und zwar von 1500×500 mm Größe. Auf dem ersten wird die bereits mit Abfall vermischte Gummimasse vorgewalzt, während auf dem zweiten die Vorwärmung fortgesetzt wird, indem man von einem Ende die vom ersten Walzwerk kommende Masse einführt und von dem anderen die Puppen zum Speisen des Kalandars abschneidet. Das Vorwärmen kann auch von einem Innenmischer-Aggregat besorgt werden, von dessen »Platten«-Walzwerk die Speisung des Kalandars erfolgt.

Eine gleichmäßige Beschickung des Kalandars kann — wie auch P. Werner⁷ beschrieben hat — dadurch erreicht werden, daß man auf der vorderen Walze dieses zweiten Walzwerks etwa 200 mm vom Ende⁸ entfernt, ein Messer anbringt, das leicht gegen den Walzenkörper gedrückt wird. Auf diese Weise schneidet man fortlaufend von dem Fell auf dem Walzwerk einen Streifen ab. Über ein Transportband gelangt dieser Streifen direkt zwischen die beiden ersten Walzen des Kalandars. Das Speisewalzwerk muß in diesem Falle durch einen Separatmotor, dessen Tourenzahl in weiten Grenzen regulierbar ist, angetrieben wer-

⁷ Gummi-Ztg. 45 (1931) S. 705, 745, 792

⁸ Von dem man bei diskontinuierlicher Beschickung des Kalandars die Puppen abschneidet.

den, damit eine gleichmäßige und angepaßte Speisung des Kalanders erreicht wird.

Die Beschickung des Vierwalzenkalanders geschieht am bequemsten von oben; die Abnahme der Platte unter der vierten, untersten Walze. Liegen die vier Walzen senkrecht untereinander, so ist der Speisewulst zwischen den ersten beiden stets zu sehen, und man kann (bei nichtkontinuierlicher Beschickung) im geeigneten Augenblick die neue, vom Vorwärmerwalzwerk kommende Puppe einführen. Beim Vierwalzenkalander mit vorgelagerter oberer Walze sieht man den Wulst nicht. Es kann daher vorkommen, daß man nicht rechtzeitig den Gummi auf die Walzen auflegt, oder man beschickt den Kalander mit der neuen Puppe zu früh.⁹ Die Masse kühlt sich dann durch langes Warten ab und liefert ungleichmäßige Platten. Andererseits ist bei kontinuierlicher Beschickung die letzte Kalanderkonstruktion bequemer, da man bei ihr die Vorwärmerwalze parallel zur Kalanderachse aufstellen und den Gummi dem Kalander mittels eines entsprechenden Lauftuches (C) (vgl. Abb. 777) zuführen kann.

Einstellung und Temperierung. Das Ziehen blasenfreier Platten gehört zu den schwierigsten Arbeiten am Kalander. Außer möglichst gleichförmiger Speisung ist hierzu richtige Kalandereinstellung und zweckmäßige Temperierung der Walzen notwendig. Die Stärke der Platte verkleinert sich in Laufrichtung, allmählich der geforderten Stärke zustrebend. Hierbei bilden sich, außer dem Speisewulst zwischen dem ersten Walzenpaar, auch in den darauffolgenden Kalanderspalten kleine Wülste. Für das Ziehen blasenfreier Platten ist es nun erfahrungsgemäß notwendig¹⁰, daß diese Wülste klein sind, und daß sie ferner während des Ziehens nicht wachsen.

Eine wichtige Rolle spielt die Walzentemperatur. Sind die Walzen zu warm, so gibt es auf der Platte Blasen; außerdem besteht die Gefahr des »Anbrennens«. Sind sie zu kalt, so wird die Platte rau und zeigt V-förmige Zeichnungen (sogen. »Krähfüße«). Um eine glänzende Oberfläche zu bekommen, ebenso wie den Kalandereffekt zu schwächen, ist es üblich, die Temperatur von der ersten bis zur letzten Walze langsam ansteigen zu lassen. Der Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Walzen soll jedoch nur gering sein.

Lauftuch. Hinter dem Oberblattkalander läuft ein endloses Tuch von 4 m und mehr Länge, auf dem die Platte sich langsam abkühlt. Je länger das Lauftuch ist, desto besser und vollständiger kühlt sich die Platte ab, desto gleichmäßiger springt sie ein und desto weniger verändert sie sich bei der weiteren Verarbeitung und während der Vulkanisation. Gestatten es die örtlichen Verhältnisse nicht, ein hinreichend langes Lauftuch anzulegen, so kann man die Oberblattplatte über einen gekühlten Kupferzylinder laufen lassen. Oft ist es zweckmäßig, das Lauftuch A (Abb. 777) direkt vom Kalander schräg durch die Decke zur darüberliegenden Zu-

⁹ In Amerika werden deshalb oft oberhalb der oberen Walzen Spiegel angebracht, die die richtige Beschickung von unten aus kontrollieren lassen.

¹⁰ Wohl wegen der durch innere Reibung erfolgenden Erwärmung des Kautschuks in den Wülsten.

schneiderei zu führen, wo die Platte auf einem zweiten waagerechten Laftuch B in Längen von 1 bis 1,5 m zerschnitten und auf Rahmen entsprechender Größe aufgelegt wird. Die Rahmen sind mit feinem, rohem oder glattgummiertem Nessel bespannt; sie werden übereinandergestapelt und nach einer Ruhepause von etwa zwei Tagen bei Bedarf an die einzelnen Plätze der Zuschneiderei befördert.

Am Ende des Laftuches kann die abgekühlte Platte auch auf der glänzenden Seite leicht eingepudert und unter Zwischenschaltung von paraffiniertem oder ceresiniertem Papier aufgerollt werden. Die Platte kann auch beidseitig gepudert und in sich aufgerollt werden.

In beiden Fällen ist es notwendig, die Platte alsbald wieder auszu-

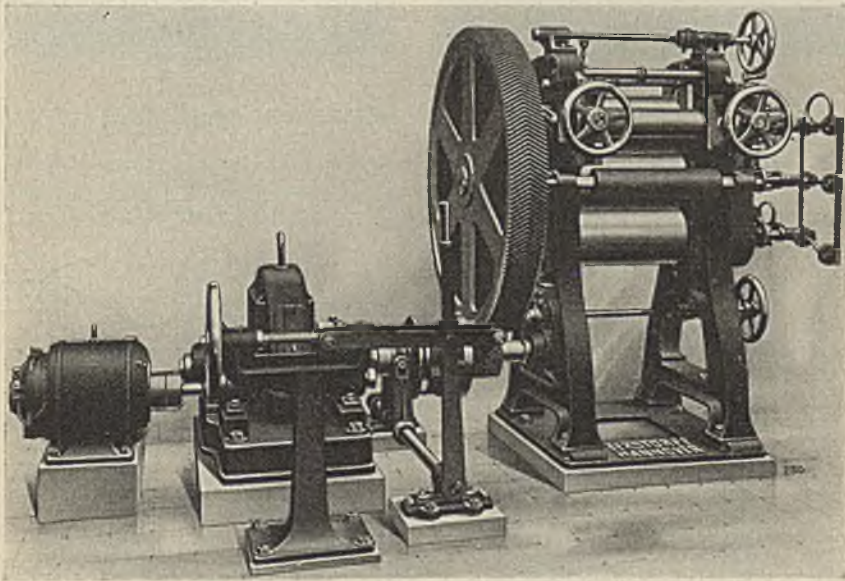


Abb. 778. Sohlenkalender (H. Berstorff G. m. b. H., Hannover)

rollen, sie in Längen von 1,5 bis 2 m (gegebenenfalls zusammen mit dem Papier) zu zerschneiden, und in 10 bis 12 Lagen übereinandergestapelt auf die Aufbewahrungsrahmen auszulegen.

Zum Einstauben des Oberblattes benutzt man meist Kreide. Neuerdings verwendet man auch Zn-, Mg- oder Ca-Salze der höheren Fettsäuren (vgl. Seite 1017).

2. Sohlenkalender (Profilkalender)

Die Sohlenplatte wird auf einem Vierwalzenkalender kleiner Dimensionen gezogen, der drei glatte und eine leicht auswechselbare gravierte Walze besitzt. Die gravierte Walze ist entweder der oberen vorgelagert (Abb. 778) und die Arbeit am Kalender vollzieht sich in der in Abb. 779 angedeuteten Weise, oder die gravierte Walze liegt schräg vor der unteren (Abb. 780).

Die Kalandrieren werden in verschiedenen Dimensionen gebaut; am häufigsten mit 250 mm Walzendurchmesser und 400 bis 500 mm Ballenlänge oder mit 300 mm Durchmesser und 660 mm Länge. Man wählt Kalandrieren kleiner Dimensionen, damit der notwendige häufige Wechsel der gravierten Walze bequem vorgenommen werden kann. Die Walzen des Sohlenkalandriers können mit gleicher Geschwindigkeit laufen. Einige Maschinenfabriken geben — aus den beim Oberblattkalandrieren angeführten Gründen — der mittleren Walze eine höhere Geschwindigkeit. Die Tourenzahl der Kalandrierwalzen beträgt 7 bis 11 Umdrehungen pro Minute, einer Umfangsgeschwindigkeit von etwa 7 m/Min. entsprechend.

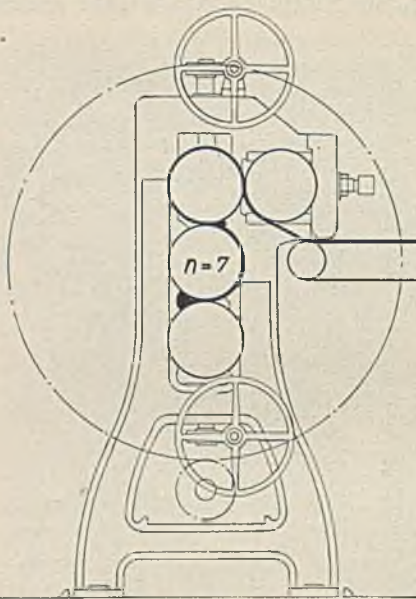


Abb. 779. Sohlenkalandrier (Laufschemata)

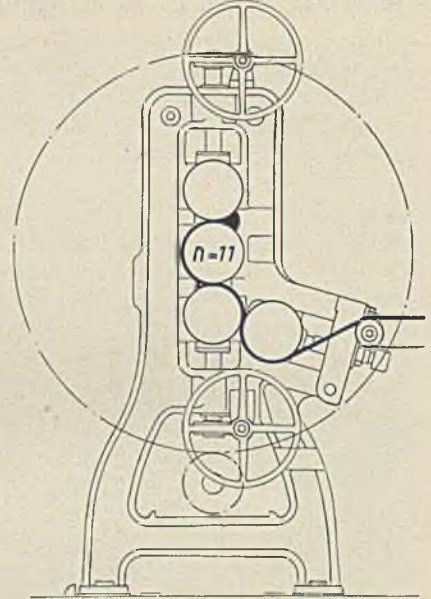


Abb. 780. Sohlenkalandrier (Laufschemata)

Die Gravierungen sind in die Walze mit der Fußlänge parallel zur Walzenachse eingearbeitet, und zwar bei längeren Walzen meist je eine Männer- und eine Kindersohle, oder eine Frauen- und eine Mädchensohle hintereinander. Abb. 781a zeigt eine Mustergravierung mit einer Sohle, Abb. 781b mit zwei hintereinanderliegenden.

Um eine scharf profilierte Sohlenplatte zu erhalten, muß die Gummimasse nicht nur warm und beweglich sein, sondern auch ein hohes Maß an Plastizität besitzen.¹¹ Sie muß die Gravierungen gut ausfüllen und nach Verlassen des Kalandriers die Profilierung behalten. Es ist angebracht, die letzte (profilierte) Walze zu kühlen. Auch die Sohlenplatte muß nach dem Verlassen des Kalandriers gekühlt werden. Infolge ihrer Stärke verliert sie ihre Temperatur nur langsam. Andererseits werden die Sohlen sehr genau zugeschnitten, und ein Einspringen nach dem Zuschneiden, oder in der Vulkanisation würde sich besonders unangenehm

¹¹ Vgl. Kapitel „Mischungswesen“.

bemerkbar machen. — Häufig führt man daher die Sohlenplatte auf dem Lufttuch zur darüberliegenden Zuschneiderei, wo man sie auf einem Stahlband in Längen von etwa 1500 mm zerschneidet und auf die Rahmen auslegt. Hier verbleibt die Platte solange, bis die Gefahr des Einspringens beseitigt und der Kalandereffekt geschwächt ist.

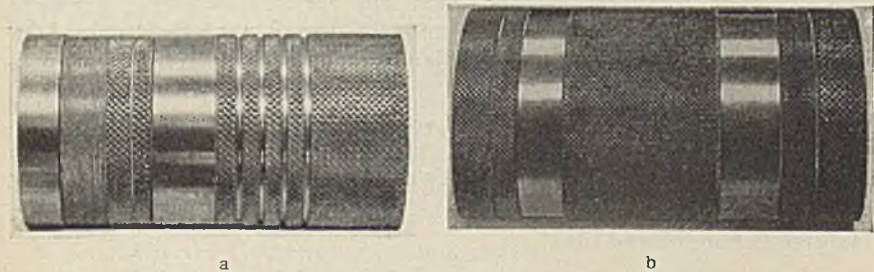


Abb. 781. Mustergravierungen für Sohlen (H. Berstorff G. m. b. H., Hannover)

Auf dem Sohlenkalander werden auch die verschiedenen dessinierten (Moirée usw.) Platten gezogen, wie sie in letzter Zeit für Oberblätter von Überschuhen (vgl. Abb. 774d), für Strandschuhe usw. gern benutzt wer-

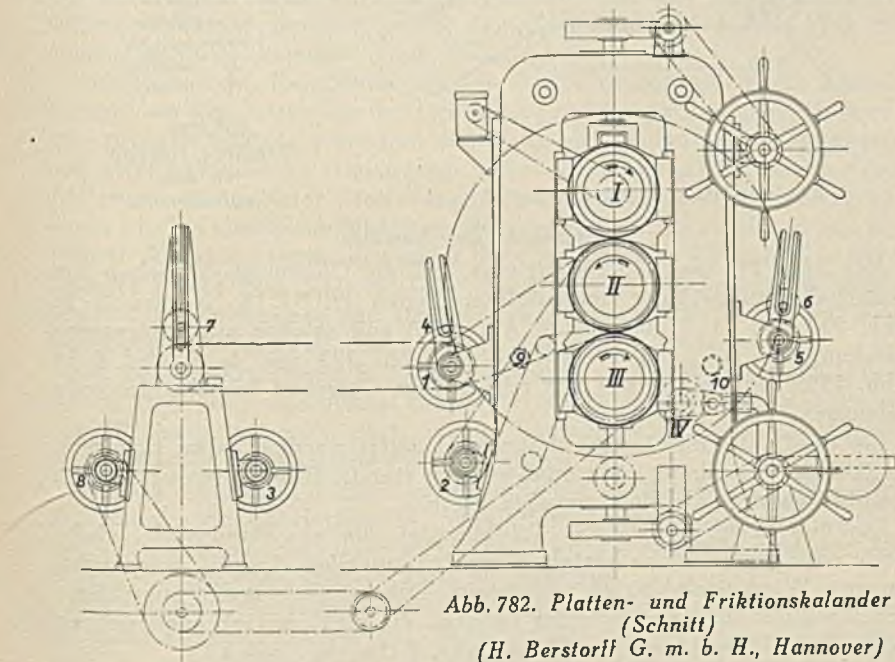


Abb. 782. Platten- und Friktionskalander (Schnitt) (H. Berstorff G. m. b. H., Hannover)

den. Auch die feindiamantierte Ragplatte für die raue Kappe, wird auf diesem Kalander hergestellt, ebenso wie der gleichfalls aus Raggummimischung bestehende Sporn.¹²

¹² Gleichfalls auf dem Profilkalander wird die aus Gummimischung bestehende Bordüre gezogen.

3. Friktions- und Plattenziehkalander

Die übrigen außer der Sohlenplatte, dem Oberblatt, der rauhen Kappe und dem Sporn am Aufbau des Schuhs beteiligten Platten aus Gummi- oder Ragnischung werden auf einem Dreiwalzenkalander gezogen, der meist 500 mm Walzendurchmesser und 1350 mm Ballenlänge hat. Auf dem gleichen Kalander werden auch die verschiedenartigen Gewebe gummiert. Der Kalander ist daher mit Gleichgang- und Friktionsrädern ausgerüstet. In Abb. 782 ist der Kalander schematisch im Schnitte dargestellt.

Das Ziehen von Platten

auf dem zu diesem Zwecke auf Gleichgang geschalteten Kalander geschieht in der bekannten in Abb. 783 veranschaulichten Weise, wobei man starke Platten bei (7) und dünne Platten bei (8) aufrollt. Der Mittläuferstoff kommt von (3).¹³

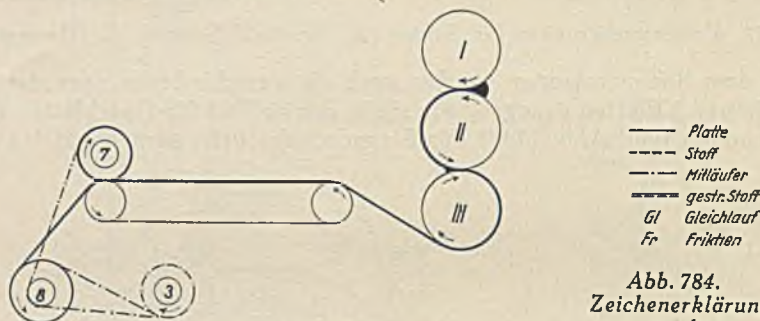


Abb. 783. Plattenziehen (Laufschemata)

Abb. 784.
Zeichenerklärung
zu den
Laufschemata

Gummieren der Gewebe

Aus Abb. 773 und 775 ersieht man, daß die Gummischuhe neben aus reiner Gummimischung hergestellten Teilen (z. B. 15, 16 und 8 in Abb. 773 und 14, 17 und 19 in Abb. 775) und solchen aus Raggummimischung (z. B. 2, 5, 11 und 13 in Abb. 773 und 5, 6 und 8 in Abb. 775) noch zahlreiche aus gummierten Geweben bestehende Teile aufweisen.

Die Stoffe, die für Gummischuhwerk benutzt werden, haben sich nach vieljähriger Erprobung mehr oder weniger standardisiert. Man verwendet sowohl gewirkte als auch gewebte Stoffe.

Die gewirkten Stoffe (sog. Trikotstoffe), die aus Baumwolle, Halb- wolle oder reiner Wolle bestehen, werden zuweilen einseitig aufgeraut, um ihre Wärmeisolation zu verbessern. Trikotstoffe werden ausschließlich für die Teile des Schuhs benutzt, die sich im Gebrauch dehnen müssen (z. B. Deckteile der Überschuhe, Futterteile usw.).

Für die inneren Futterteile wird meist angerauter gefärbter Trikot genommen, und zwar von etwa 180 bis 350 g/m² Gewicht. Für

¹³ Der Antrieb der Aufrollvorrichtung für dünne Platten (8) geschieht durch Friktionskupplung über Ketten vom Kalander aus (Abb. 782). Dicke Platten werden dagegen bei (7) auf eine frei in einer Gabel liegenden Rolle aufgewickelt, die dem Laftuch aufliegt und sich auf diese Weise dreht.

Außenstoffe dient glatter Trikot mit einem Quadratmetergewicht von etwa 145 bis 185 g, während die für Zwischenblätter verwandten gewirkten Stoffe rohweiß und glatt sind und etwa 100 bis 150 g/m² wiegen.

Die gewebten Stoffe sind einfache Nesselsorten. Sie haben verschiedene Fadeneinstellung (z. B. 25 × 30, 22 × 28, 28 × 28 usw. Fäden pro cm²) und ihr Gewicht schwankt zwischen 80 und 170 g/m².

Ihrem Verwendungszweck entsprechend, werden die Stoffe verschiedenartig gummiert. Man kann im wesentlichen vier Verfahren unterscheiden:

1. Friktionieren (Gummieren auf dem Kalander).
2. Streichen (Gummieren auf der Streichmaschine).
3. Kalandrieren (Belegen auf dem Kalander mit einer Gummiplatte bei Gleichgang).
4. Kombiniertes Gummieren (skimm coating).
 - a) Friktionieren + Kalandrieren.
 - b) Streichen + Kalandrieren.

a) Gummieren auf dem Kalander (Friktionieren)

Das sogen. Friktionieren, eine der gebräuchlichsten Operationen in der Gummi-Industrie, geschieht nach dem Laufschemata der Abb. 785 auf einem Dreiwalzenkalander (Abb. 782).

Die Walzen des Kalanders laufen beim Friktionieren ungleich schnell. Einige Fabriken lassen die mittlere Walze mit doppelt so hoher Tourenzahl rotieren wie die erste und dritte. Am häufigsten aber laufen erste und zweite Walze im Gleichgang, während zwischen der zweiten und dritten — dort wo der Stoff den Kalander passiert — Friktion vorgesehen ist. Das Geschwindigkeitsverhältnis zwischen der mittleren und der unteren Walze schwankt in diesem Falle zwischen 1 : 1,5 und 1 : 2. (Zum Beispiel macht bei dem in Abb. 782 gezeigten Kalander die untere Walze 3,38, die mittlere und die obere je 5 Touren pro Minute, was eine Umfangsgeschwindigkeit von 5,31 bzw. 7,86 m/Min. bedeutet.)

Die zum Friktionieren benutzte Mischung muß plastisch, weich und klebrig sein. Dies wird einmal dadurch erreicht, daß man den Rohgummi der Mischung gut mastiziert, sodann aber ist es ratsam, die beiden ersten Walzen des Kalanders heiß zu halten.

Im Gegensatz dazu kühlt man die unterste Kalanderwalze. Dies verfolgt den Zweck, ein Haften des gummierten Stoffes am Kalander zu vermeiden, was namentlich dann eintritt, wenn das Gewebe lose ist und der Gummi auf die ungummierte Seite hindurchtritt.

Das Friktionieren selbst geschieht folgendermaßen: Gut vormastizierte Mischung kommt zwischen die obere und die zweite Walze des Kalanders, die mit gleicher Geschwindigkeit laufen (Abb. 785). Man läßt den Gummi eine Zeitlang um die ziemlich heiße Walze (II) laufen, wobei die Stärke der Gummischicht mit Hilfe des Spaltes zwischen den Walzen (I) und (II) eingestellt wird. Dann wird die Walze (III) hochgehoben, derart, daß sie die Gummischicht auf der Walze (II) gerade berührt. Nunmehr wird der Stoff, der in (1) eingehängt ist, über eine Breithalterolle oder

-stange (9), die den Stoff spreizt und etwas bremst, zwischen der mittleren und der unteren Walze eingeführt. Hier wird die Gummimasse mit Druck auf den Stoff aufgestrichen und teilweise in seine Poren eingepreßt. Der Stoff wird sodann zusammen mit dem Mitläufer, der von der Rolle (3) abläuft, in (2) aufgewickelt. Oft ist es zu empfehlen, den gestrichenen Stoff vor dem Aufwickeln zu kühlen. Hierzu dient entweder eine Kühlwalze, die am Kalandar befestigt wird oder — wie in Abb. 787 gezeigt — ein besonderer Kühlkalandar. Beim einseitigen Gummieren ist damit die Operation beendet. Beim doppelseitigen Friktionieren wird die Rolle mit dem einseitig gummierten Stoff erneut bei (1) eingehängt. Dann wird in der üblichen Weise friktioniert und der gestrichene Stoff unter Zwischenschaltung eines Mitläufers bei (2) aufgewickelt.

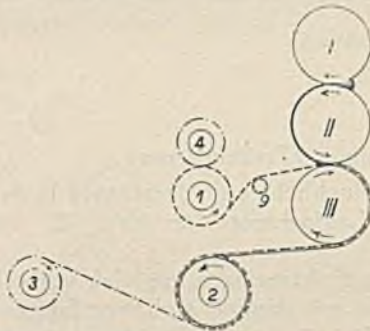


Abb. 785. Friktionieren
(Laufschemata)

ten Nesselstoff; andere benutzen als Mitläufer den gleichen Stoff, der später zum Gummieren kommt.

Zum doppelseitigen Friktionieren von Geweben in einem Arbeitsgang wird in größeren Betrieben das in Abb. 786 gezeigte Kalandaraggregat verwandt. Das Aggregat besteht aus zwei hintereinanderstehenden Dreiwalzenkalandern. Seine Arbeitsweise ist aus Abb. 787 ersichtlich. Der von der Rolle (1) kommende Stoff geht über zwei heizbare Abzugswalzen (2), passiert den Breithalter (3), um dann zwischen den mit verschiedener Geschwindigkeit laufenden Walzen (I) und (II) des ersten Kalanders einseitig friktioniert zu werden. Über eine Führungsrolle (4) und eine Breithalterrolle (5) tritt dann der Stoff zwischen die Walzen (II) und (III) des zweiten Kalanders, wo auch die andere Seite gummiert wird. Über eine oder über beide Rollen des Kühlkalanders geleitet, wird der nunmehr doppelseitig gummierte Stoff zusammen mit dem von (8) kommenden Mitläufer bei (6) aufgerollt.

Das Aggregat arbeitet sehr produktiv. Man erreicht damit Streichgeschwindigkeiten von 30 bis zu 40 m/Min.

Während das Streichen gewebter Stoffe meist anstandslos vor sich

¹⁴ Besonders vorteilhaft sind zum Friktionieren Wildkautschuksorten. Gute Ergebnisse erzielt man in neuerer Zeit auch mit einem Zusatz von Guayulekautschuk.

Bei einseitiger Gummierung von Stoffen, die anschließend auch auf der anderen Seite friktioniert werden sollen, benutzt man keine Mitläufer oder nur dann, wenn die Gefahr besteht, daß die Gummimasse auf die un gummierte Seite hindurchdringt und der Stoff in sich zusammenklebt, was zumal bei losem Gewebe der Fall sein kann. Beim zweiten Gummieren wird der Mitläufer — wie aus Abb. 782 ersichtlich — automatisch bei (4) aufgerollt.¹⁴

Als Mitläufer nehmen einige Fabriken starken gesegneten oder gebleichten

geht, muß man bei gewirkten Stoffen besondere Maßnahmen treffen, um überhaupt das Streichen fehlerfrei durchführen zu können, da diese Stoffe bekanntlich dazu neigen, an den Kanten einzurollen. Um dies zu vermeiden, wird der in Schlauchform gelieferte Trikot an der Stelle, wo er später der Länge nach aufgeschlitzt werden soll, in einer Breite von 50 bis 60 mm mit Leim oder Dextrin eingestrichen. Dieser geleimte Streifen wird genau in der Mitte durchgelrennt. Die so präparierten Kanten der resultierenden Trikotbahn rollen sich jetzt nicht mehr ein, und ein un-

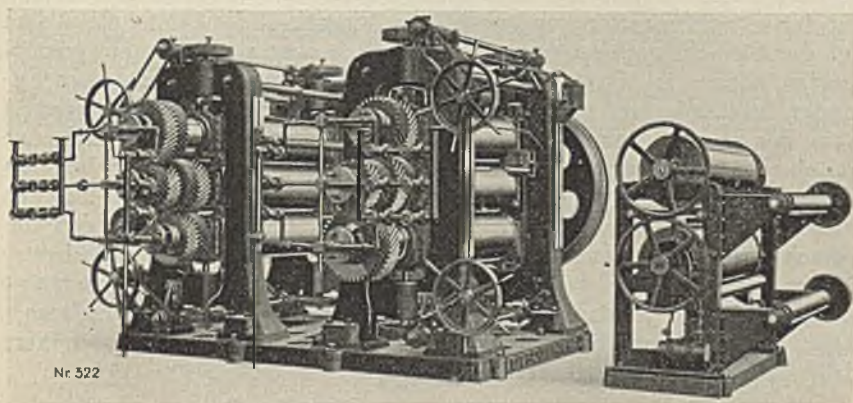


Abb. 786. Kalendaraggregat (H. Berstorff G. m. b. H., Hannover)

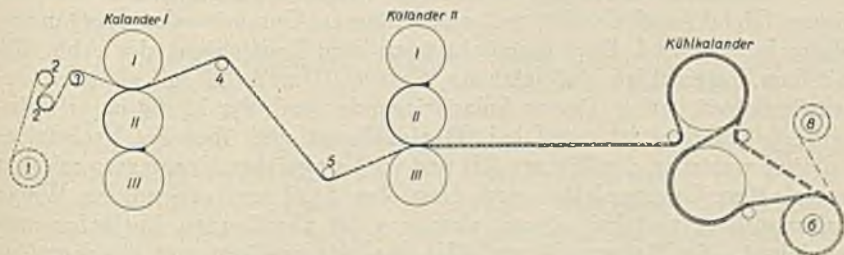


Abb. 787. Kalendaraggregat (Laufschemata)

gestörtes Gummieren oder Belegen ist möglich. Auch ist es zu empfehlen, den Stoff glatt (evtl. geplättet) auf Papprollen aufzuwickeln. Die Abrollvorrichtung muß genügenden Abstand vom Kalendar haben, und der Trikot muß stets unter einer gewissen Spannung von der Rolle ablaufen. Dies wird auch durch eine besondere Breithalterolle oder -stange unterstützt, die winkelförmig zueinanderstehende Einkerbungen trägt. Der Stoff muß von der Abwickelvorrichtung so in den Kalendar eingeführt werden, daß er bereits vor dem Eintritt in den Spalt der unteren Walze fest aufliegt. Wie jeder andere Stoff darf auch Trikot beim Streichen keine Falten zeigen, weil die dadurch entstehenden ungummierten Stellen Stoffverluste verursachen. Auf- und Abwickelvorrichtung am Kalendar müssen einwandfrei funktionieren, um den Stoff stets in gespanntem Zu-

stande zu halten. Bei ungenügender Spannung beim Aufrollen bleibt der Stoff an der Kalandrierwalze haften und die Gummierung fällt fehlerhaft aus. Die ordnungsmäßige Bedienung des Kalanders erfordert große Fachkenntnis und Sorgfalt.

b) Gummieren auf der Streichmaschine (Streichen)

Das Streichen wird bei der Gummischuhfabrikation seltener vorgenommen als das Friktionieren. Gegenüber dem letzteren hat es aber gewisse Vorteile, die einige Fabriken veranlassen, die sogen. Futterstoffe auf der Streichmaschine zu gummieren. Einmal ist die Bindung bei dem auf der Streichmaschine gummierten Stoff besser als bei einem friktionierten, sodann ist ein gestrichener Stoff elastischer als ein auf dem Kalandrierer friktionierter, was besonders für starker Biegung ausgesetzte Teile des Schuhs von Bedeutung ist. Nicht unwesentlich ist es auch, daß bei einseitig zu gummierten Stoffen die Gummimasse beim Friktionieren oft auf die ungummierte Seite durchdringt, was beim Streichen leichter vermieden werden kann. Die gewisse Verteuerung, die der Gebrauch eines Lösungsmittels beim Streichen verursacht, wird teilweise dadurch ausgeglichen, daß man gegenüber dem Friktionieren dünnere Gummischichten aufstreichen kann. Das Streichen ist in einem besonderen Kapitel dieses Buches ausführlich beschrieben, so daß eine nähere Erörterung sich an dieser Stelle erübrigt.

c) Kalandrieren

Mit Kalandrieren bezeichnet man das Verfahren, bei dem der Stoff auf einem Gleichgangkalandrierer mit einer dünnen Gummi- oder Raggummiplatte belegt wird. Dies geschieht nach dem Laufschemata der Abb. 785 mit dem Unterschied, daß jetzt die Walzen (II) und (III) mit gleicher Geschwindigkeit laufen. Der zu kalandrierende Stoff, der häufig bereits einseitig friktioniert ist, wird bei (1) eingehängt und über die Breithalterolle (9) zwischen die Walzen (II) und (III) eingeführt. Zusammen mit der aufgelegten Gummiplatte wird dann der Stoff um die untere Walze herumgeführt und bei (2) mit dem von (3) abrollenden Mitläufer aufgewickelt. Die Walzen (II) und (III), die, wie erwähnt, mit gleicher Geschwindigkeit laufen, sind so eng zu stellen, daß die Gummiplatte in den Stoff hineingepreßt wird. Beim Kalandrieren muß große Sorgfalt verwendet werden. Ist der Druck zu stark, so kann der Stoff geschwächt und sogar zerdrückt werden. Wird der Druck zu schwach, so bekommt man keine hinreichende Bindung zwischen Gummi und Gewebe, wenn es nicht auf derselben Seite vorfriktioniert oder -gummiert worden ist. Bei losen Geweben erreicht man oft eine gute Bindung der aufkalandrierten Platte, wenn die andere Seite des Gewebes friktioniert ist, da dann genügend Gummimasse auf die zu kalandrierende Seite durchdringt.

Es ist hier auch zu erwähnen, daß man die Möglichkeit hat, eine dünne Platte auf den Stoff aufzufriktionieren. Dazu spannt man die oberen Walzen fest zusammen und läßt eine ganz dünne Platte um die mittlere Walze herumlaufen. Wenn man dann den Stoff wie üblich durch den eng gespannten Spalt zwischen der verschiedenen schnell laufenden

zweiten und dritten Walze hindurchläßt, wird auf den Stoff gleichzeitig die dünne Platte aufgelegt und auffraktioniert.¹⁰

d) Kombiniertes Gummieren

Da man einerseits trotz Anwendung eines Druckes zwischen den beiden unteren Walzen häufig keine hinreichende Bindung zwischen Gewebe und Gummiaufgabe beim Kalandrieren erzielt, andererseits das Auffraktionieren oder das Aufstreichen starker Gummischichten nicht durchführbar bzw. mühevoll ist, bedient man sich bei Stoffen, die mit einer starken Rag- oder Gummischicht versehen werden sollen, eines Verfahrens, das als »kombiniertes Gummieren« bezeichnet wird.

Dieses Verfahren stellt die Kombination des bisher unter a oder b mit dem unter c beschriebenen Verfahren dar. Es besteht darin, daß man

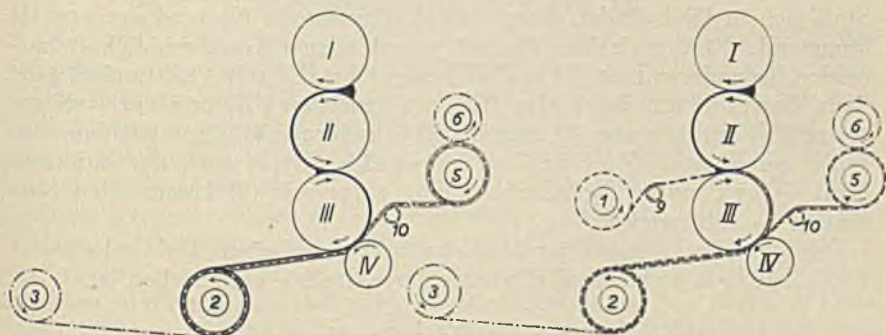


Abb. 788. Kombiniertes Gummieren Abb. 789. Fraktionieren und gleichzeitiges Dublieren (Laufschemata)

einen Stoff, der ein- oder doppelseitig fraktioniert oder gestrichen ist, anschließend auf einer Seite auf dem Gleichgangkalandrier mit 0,5 bis 1 mm starker Platte aus Gummi- oder Ragmischung belegt (kalandriert). Man kann sich hierzu des in Abb. 788 gezeichneten Arbeitsschemas bedienen. Der z. B. doppelseitig fraktionierte Stoff wird bei (5) eingehängt. Während man seinen Mitläufer bei (6) sich aufrollen läßt, wird der Stoff über die Spann- und Breithalterolle (10) zwischen der Walze (III) und der Dublierwalze (IV) in den Kalandrier eingeführt. Die Walzen (III) und (IV) laufen mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit, und zwischen ihnen wird der Stoff mit der dünnen Gummiplatte unter Druck belegt. Der so belegte Stoff wird unter Zwischenschaltung eines von (3) kommenden Mitläufers in (2) aufgewickelt.

Kombiniertes Gummieren findet oft bei Trikotstoffen Anwendung, insbesondere wenn sie einseitig gummiert sind. Um das Durchdringen des Gummis auf der Innenseite des Futter zu vermeiden, wird der Futterstoff auf der Streichmaschine leicht vorgestrichen und dann nach dem Schema der Abb. 788 mit dünner Gummiplatte kalandriert.

¹⁰ Vgl. P. Werner, loc. cit. S. 1001

Das Auflegen von Platten auf den vorgestrichenen Stoff kann auch nach dem Laufschemata der Abb. 785 vorgenommen werden, und zwar so, wie dies beim Kalandrieren (zu c) beschrieben ist, mit dem Unterschied, daß der Stoff in diesem Falle doppelseitig gummiert ist und man deshalb ein Haften der aufzuliegenden Platte ohne großen Druck zwischen den Walzen (II) und (III) erzielt.

e) Dublieren gummierter Stoffe

Bei der Herstellung von Kanvasschuhen werden wasserdichte Deckstoffe benötigt, die aus zwei einseitig gummierten Geweben dubliert sind. Diese Operation, d. h. das Friktionieren und Dublieren des Stoffes in einem Arbeitsgang, veranschaulicht das Laufschemata in Abb. 789. Der Dreiwalzenkalandrierer ist auf Friktion geschaltet. Der zu gummierende Stoff wird bei (1) eingehängt, während ein bereits einseitig friktionierter Stoff sich in (5) befindet. Über eine Ausbreiterrolle (9) wird der von (1) kommende Stoff zwischen die mit verschiedener Geschwindigkeit laufenden Kalandrierwalzen (II) und (III) eingeführt. Einseitig friktioniert geht dann der Stoff um die Walze (III), um zwischen (III) und der Dublierwalze (IV) mit dem von (5) über die Breithalterolle (10) kommenden, einseitig gummierten Stoff dubliert zu werden. In (2) wird der dublierte Stoff — evtl. unter Zwischenschaltung eines von (3) kommenden Mittläufers — aufgewickelt.

Das Dublieren gummierter Stoffe kann auch auf einem Dublierkalandrierer geschehen, wie er im Kapitel »Gummierte Stoffe« beschrieben ist.

Trocknen der Gewebe

Es ist von größter Wichtigkeit, daß sämtliche zum Gummierten kommenden Stoffe in vollkommen trockenem Zustande vorliegen.¹⁷ Da die Gewebe nie ganz trocken sind und beim Lagern noch Feuchtigkeit annehmen, ist es unbedingt erforderlich, sie vor dem Gummierten zu trocknen.

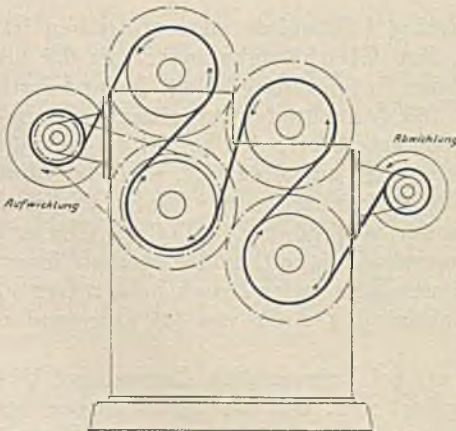


Abb. 790. Vierrollen-Trockenkalandrierer
(H. Berstorff G. m. b. H., Hannover)

Zu diesem Zwecke läßt man die Stoffe über den Tisch einer Streichmaschine laufen oder man benutzt die in der Textilindustrie üblichen Trockenvorrichtungen. Eine derartige Einrichtung (einen Vierrollen-Trockenkalandrierer) zeigt Abbildung 790. Jede Walze hat einen Durchmesser von 350 mm und 1650 mm Länge. Die Walzen sind hohl und heizbar; sie

¹⁷ Enthält der Stoff Feuchtigkeit, so bilden sich bei freier Vulkanisation Blasen, die das Produkt unbrauchbar machen.

laufen mit einer Geschwindigkeit von etwa 25 m/Min. Die Zahnräder sind so ausgebildet, daß man den Stoff so viele Male wie nötig in beiden Richtungen hindurchgehen lassen kann. Die Maschine besitzt zu beiden Seiten Aufwickel- und Bremsvorrichtungen. Die Trockenkalandere werden auch mit 6 und mehr Rollen gebaut.

Bei anderen Trockenvorrichtungen wird das Gewebe über eine Reihe übereinander angeordneter dampfgeheizter Flächen geführt, die zum besseren Abfluß des Kondensats etwas geneigt sind.

Wie aus dem Schema in Abb. 787 ersichtlich, bringt man heizbare Abzugsrollen oder -rohre (2) oft noch unmittelbar vor dem Kalandere an.

C. Das Ausstanzen und -schneiden der Einzelteile

Stoffzuschneiderei (Abb. 776, 13)

Die nach den oben beschriebenen Verfahren gummierten Stoffe kommen — teilweise mit Zwischenläuferstoff — in Rollen aufgewickelt in die Zuschneiderei. Hierher werden auch die Raggummiplatten aus dem Kalanderraum gebracht. Die Rollen werden in Ständer eingehängt, vor denen mit Zinkblech beschlagene Tische von 1500 mm und mehr Breite, 4 m Länge und 950 mm Höhe stehen. Die gummierten Stoffe oder Raggplatten werden von den Rollen abgezogen, in Bahnen, die der Länge des Tisches entsprechen, zerschnitten und eventuell leicht eingepudert in mehreren Lagen auf den Tischen übereinandergeschichtet. Gestanzt werden sämtliche aus Stoff oder Raggummimischung bestehenden Teile des Schuhs mit Ausnahme der Bänder, Abb. 773 (4) und (7), des Spornes (13) und gelegentlich auch der dünnen Kappe (12).

Das Stanzen wird in der Regel auf großen Balkenstanzmaschinen vorgenommen. Eine besondere Konstruktion, die Karrenbalken-Stanzmaschine, zeigt Abb. 791. Es ist eine Eigenart dieser Konstruktion, daß weder der obere noch der untere Druckbalken an der Stanzbewegung teilnehmen. Der an der Laufbahn des oberen Balkens verschiebbar aufgehängte Karren trägt den Antriebsmechanismus mit dem Druckfuß, und nur dieser letztere führt die Stanzbewegung aus. Außer sehr guter Übersicht über das Material wird bei dieser Konstruktion erreicht, daß die Maschine stoßfrei und fast geräuschlos arbeitet und einen geringen Kraftverbrauch hat. Der Karren wird von der Maschine selbsttätig verschoben und ist durch einen Hebel zu steuern.

Die Balkenstanzen werden in Durchgangsbreiten von 1250, 1600, 1900 mm und mehr gebaut. Man kann mit ihnen beispielsweise bis zu 5000 Stanzbewegungen am Tage ausführen, wobei der Stoff je nach seiner Art in 10 bis 12 Lagen übereinandergelegt werden kann.^{17a} Die Leistung der Maschine sinkt, wenn der Stoff sehr faserig, das Stanzmesser nicht gut in Ordnung oder der Stanzklotz uneben ist, weil dann häufig nicht

^{17a} Es ist nicht zweckmäßig viel mehr Stofflagen übereinanderzuschichten, da dann Größenunterschiede zwischen oben- und untenliegenden Teilen bemerkbar werden.

sauber durchtrennte Fäden mit Messer oder Schere durchschnitten werden müssen.

Als Stanzunterlage dienen Holzklötze aus rotem oder weißem Buchenholz. Die Klötze sind aus mehreren quergeschnittenen Brettern zusammengesetzt, die, wie aus Abb. 791 ersichtlich, durch Eisenstangen verspannt werden. Die Stanzmesser haben verschiedene Größe und Form. Sie zeigen aber alle eine bestimmte Höhe von 5 cm, sind aus gehärtetem Stahl angefertigt, dürfen jedoch nicht spröde sein.

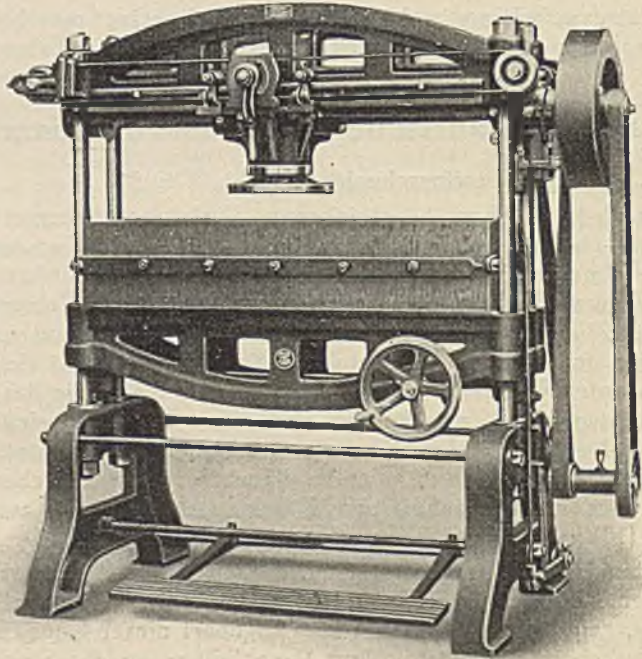


Abb. 791. Karrenbalkenstanzmaschine (Sandt-Raab A.-G., Pirmasens)

Um das Zusammenkleben der einzelnen Stofflagen beim Stanzen zu verhindern, kann man den Stoff leicht mit Kreide (oder bei der rauhen Kappe einer Mischung von Kreide und Graphit) einpudern. Es kommt dies in erster Linie bei mit Raggummimischung kalandrierten Geweben in Frage, wie auch bei Raggummiplatten selbst. Beidseitig gummierte Stoffe stanzt man in einigen Fabriken mit Papierzwischenlagen, da beim Pudern die Gefahr besteht, daß die Stoffteile später schlecht kleben. Einseitig gummierte Futter- und Deckstoffe bedürfen selbstverständlich keiner Zwischenlagen.

Werden gummierte Stoffteile von Hand längs einer Schablone ausgeschnitten, wie dies in vielen Fabriken bei den Stoffbändern und der »dünnen Kappe« der Fall ist, so erübrigen sich Pudern und Papierzwischenlage, da beim Handschneiden der in Anwendung kommende Druck nicht so groß ist, als daß die Stoffteile zusammenkleben.

Da die Fassons der Gummischuhe einem häufigen Wechsel unterworfen sind, ändern sich auch die Formen der einzelnen Teile. Die dadurch verursachte ständige Neubeschaffung von Stanzmessern ist kostspielig und zeitraubend. Man hat sich in der Gummischuhfabrikation häufig dadurch geholfen, daß man zum Ausschneiden der Stoffteile, insbesondere solcher aus einseitig gummiertem Flanell oder Trikot, ein **Bandmesser** benutzt. Ein solches Bandmesser unterscheidet sich von der in der Holzindustrie üblichen Bandsäge dadurch, daß es an Stelle eines gezähnten ein glattes Stahlband mit scharf abgeschrägten Kanten besitzt. Um breite Stoffe schneiden zu können, hat die Maschine größere Ausladung. Eine weite, meist über drei Rollen gehende Bandführung gibt dem Messer Gelegenheit, sich abzukühlen.

Das Schneiden mit dem Bandmesser geht folgendermaßen vor sich: Der Stoff wird genau wie beim Stanzen in mehreren Lagen übereinander geschichtet. Die einzelnen Formen werden längs Blechschablonen mit Kreide aufgezeichnet. Das Stoffpaket wird erst — roh den aufgezeichneten Formen folgend — in längere Streifen aufgeteilt. Dann werden — gleichfalls auf dem Bandmesser — die einzelnen Formen möglichst genau ausgeschnitten.

In einigen Fabriken werden mit Erfolg auch doppelseitig gummierte Stoffe in mehreren Lagen übereinanderliegend mit dem Bandmesser geschnitten. Hierbei wird Sorge getragen, daß das Band sich während des Schneidens nicht erwärmt. Falls sich Gummistücke darauf festsetzen, müssen sie mittels zweier scharfer Messer, die an das Band andrücken, rechtzeitig entfernt werden. Erwärmt sich das Stahlband, so wird der Gummi, mit dem die Stoffe gestrichen sind, weich und klebrig, haftet am Band und beeinträchtigt das Schneiden.

Stoffbänder werden namentlich in großen amerikanischen Fabriken auf Diagonalschneidemaschinen (Bias-cutter) — in einer Lage — geschnitten. In zahlreichen Betrieben geschieht aber das Schneiden der Stoffbänder von Hand in mehreren Lagen auf einer stanzbrettartigen Unterlage. Streicht man die eine Seite des hierzu verwandten Nesselstoffes auf der Streichmaschine derart, daß am Rande der Stoffbahn ein un gummierter Streifen verbleibt, so wird das Auseinandertrennen der geschnittenen Bänderpakete erleichtert.^{17b}

Beim Stanzen wie beim Schneiden der Stoffteile ist darauf zu achten, daß möglichst wenig Abfall entsteht. Die Teile sind so dicht wie möglich

^{17b} Klugens, M., Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 1171, beschreibt noch folgende interessante Methode zur Herstellung von diagonalgeschnittenen Bändern: „Der Stoff wird auf einem Tisch ausgelegt und in Stücke von entsprechender Breite unter 45° aufgeteilt. Die diagonalen Bahnen werden um 45° herumgedreht und zu langen Bahnen zusammengeklebt. Diese werden in den Einrollstoff gewickelt und kommen so zur Schneidemaschine, einer Anzahl nebeneinanderliegenden Kreisscheren. Zwei Transportwalzen ziehen den Stoff durch diese Schneidevorrichtung, worauf die geschnittenen schmalen Streifen ohne Zug auf sich selbst aufgerollt werden. Übt nämlich die Aufrollvorrichtung selbst Zug aus, so rollt das Band sich so fest aufeinander, daß man es ohne Papiereinschlag nicht abrollen kann.“

auf dem Stoff anzuordnen.^{17c} Beim Ausschneiden der Trikotteile ist zu berücksichtigen, daß der Trikot sich im wesentlichen nur in einer Richtung dehnt.

Zu der Einrichtung der Stoffzuschneiderei gehört auch die Schärmaschine (Abb. 792), die, wie in der gleichen Abbildung gezeigt, den Rand der zu schärfenden Teile abschrägt und dünn auslaufen läßt. Das Schärfen ist dort üblich, wo es darauf ankommt, einen glatten Übergang zu dem darunterliegenden Teil zu erzielen, wie z. B. bei der Halbsohle. Einige Fabriken schärfen — zumal bei Tennisschuhen — die mit Raggummimischung belegte Fittersohle und die Fersenkappe. Die zu schärfenden Teile werden in der Maschine mittels Transporträder fast selbsttätig an einem rotierenden Glockenmesser vorbeigeführt. Das Schärfen geschieht ohne Schablonen oder Formen. Die Leistung der abgebildeten Maschine beträgt bis zu 1500 Kappen oder bis zu 1600 Halbsohlen pro Stunde.

Gummizuschneiderei (Abb. 776, 12)

Oberblatt. Die Oberblattplatte wird häufig von Hand zugeschnitten. Zu diesem Zweck kommt sie (einseitig gepudert) von den auf Seite 1003 erwähnten stoffbespannten Rahmen auf Zinkblechtafeln von etwa 1 m Länge, 1250 mm Breite und 5 mm Stärke. Mit einem scharfen, kurzen Messer werden dann längs etwa 2 mm starker Zinkblechschablonen die Oberblätter ausgeschnitten und in Bücher eingelegt.

Die Oberblätter können auch mit Handstanze und Hammer auf einer ebenen, feuchten Unterlage einzeln ausgeschlagen werden.

^{17c} Die Menge des beim Schneiden oder Stanzen entstehenden Stoffabfalls hängt ab von der Breite der Stoffbahn, von der Anordnung der Teile und schließlich von dem Fasson des Schuhs und der Art des Einzelteils.

In der russischen Gummischuhfabrik „Roter Bogatyr“ wurden kürzlich umfangreiche Studien gemacht, um die günstigsten Zuschneidebedingungen für die einzelnen Schuhteile festzustellen. (Journ. Rub. Ind., Moskau 9 (1933) S. 272 ff.) Im ganzen wurden 690 Einzelteile aus 17 Fassons und 5 Größen vermessen.

Die Dichte der Anordnung der Einzelteile auf der Stoffbahn hängt zunächst von der verwandten Zuschneidemethode ab. So müssen z. B. beim Stanzen mit einseitig abgeschrägten Messern die Zwischenräume zwischen den einzelnen Figuren etwa 5 mm betragen, während man bei Verwendung von beiderseitig abgeschrägten Stanzmessern mit einem Zwischenraum von etwa $2\frac{1}{2}$ mm auskommen kann. Beim Zuschneiden mit dem Bandmesser kann bei geschickter Planierung des Stoffes der Zwischenraum in günstigen Fällen bis auf 0 mm verringert werden.

Bei jedem Schuhmodell ist der Stoffverlust für einen bestimmten Einzelteil ein anderer. Durchschnittlich geben die höchsten Verluste der Futteroberseite (etwa 30 % des Brutto-Stoffbedarfes), das Trikotzwischenblatt (im Mittel 27 %) und die Zwischensohle (30 %), während die geringsten Verluste bei der dünnen, der rauhen und der dicken Kappe (11 bis 16 %) vorkommen.

Von den Autoren der genannten Veröffentlichung wurden einige Methoden vorgeschlagen und durchgerechnet, um beim Zuschneiden einzelner Teile Stoff zu sparen. Allerdings ist unberücksichtigt geblieben, daß bei komplizierter Anordnung der Teile eventuell Zeitverluste beim Zuschneiden hervorgerufen werden können.

Wurde die Platte am Kalandr einseitig eingestaubt, unter Zwischenschaltung von Papier aufgerollt und später zu Paketen von 10 bis 12 Lagen übereinandergeschichtet, so bietet sich die Möglichkeit, die Pakete zu stanzen. Diese Methode hat mit dem erstgenannten Verfahren den Vorteil gemein, daß die innere, dem Futter aufliegende Seite des Oberblattes ungepudert bleibt. Andererseits ist es meist unmöglich, dabei die Stanzabfälle vom Papier zu scheiden, so daß die sonst wertvolle Abfallmasse zur Raggummimischung gegeben werden muß. Während ferner die

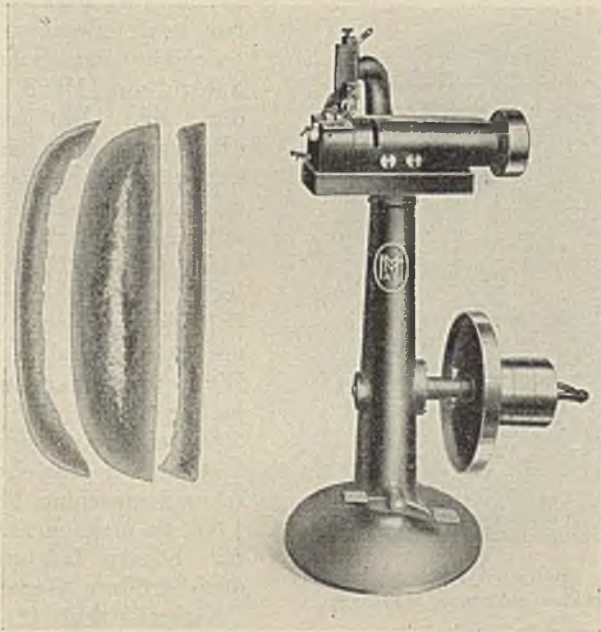


Abb. 792. Schälmaschine „Fortuna“
(Moenus A.-G., Frankfurt a. Main)

Abtrennung der gepuderten Seite vom Papier anstandslos vor sich geht, erfordert die Freilegung der ungepuderten einige Geschicklichkeit. Auch wenn man die Oberblattplatte doppelseitig einpudert, besteht die Möglichkeit, sie mit einem Bandmesser (siehe oben) in mehreren Lagen übereinandergelegt, nach vorgezeichneter Schablone zu schneiden oder sie in mehreren Lagen zu stanzen.

Es erweist sich aber als notwendig, die so hergestellten Oberblätter — sofern sie mit Kreide gepudert wurden — sehr sorgfältig vor dem Aufbringen auf den Schuh mit Benzin oder dünner Lösung zu waschen. Pudert man die Platte mit Zinkstearat o. dgl., so kann man sich mit einem weniger intensiven Waschen begnügen, da diese Verbindungen in der Vulkanisation von dem Gummi aufgenommen werden und eine frische Fläche hinterbleibt.

Eine Schwierigkeit beim Stanzen oder Schneiden in mehreren Lagen ist und bleibt das Auseindertrennen der einzelnen Oberblätter.

Sporen und Gummibänder werden längs einer Schablone oder längs eines Lineals von Hand auf einer Zinkblechunterlage ausgeschnitten.

Sohle. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Sohle mit einem schräggeführten Schnitt, d. h. unter einem gewissen Winkel zu ihrer Oberfläche, auszuschneiden. Der dann entstehende, dünn auslaufende Rand kann leichter und besser an den Oberteilen des Schuhs befestigt werden.

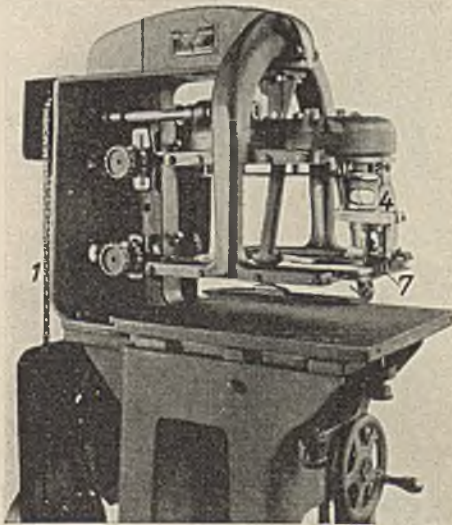


Abb. 793. Sohlenschneidemaschine
(Wellman Company, Medford,
Mass., USA.)

Früher fast allgemein, heute in nur noch kleineren Betrieben geschieht das Schneiden der Sohlen von Hand. Dazu wird die vom Profilkalander in »Büchern« oder auf Rahmen kommende Sohlenplatte mit der diamantierten Seite nach oben auf eine Unterlage von Zinkblech (1000 × 750 × 5 mm) gelegt. Der Arbeiter legt die Schablone auf und umfährt sie mit schräggehaltenem Messer. Die Leistung eines geübten Arbeiters beträgt 50 bis höchstens 100 Paar pro Stunde. Die im folgenden beschriebene Sohlenschneidemaschine (Abb. 793 u. 794), die nicht nur eine wesentlich höhere Leistung, sondern auch größere Genauigkeit und Gleichmäßigkeit für sich beanspruchen kann, hat daher große

Verbreitung gefunden. Die Leistung dieser Maschine beträgt, von einem Arbeiter und drei ungelerten Hilfskräften bedient, 6400 Paar pro Achtstundentag, von einem Arbeiter und zwei Hilfskräften bedient, 5500 Paar in acht Stunden.

In ihrer Wirkungsweise ahmt die Sohlenschneidemaschine die Bewegung der menschlichen Hand (des Ellbogen- und Handgelenks) nach, indem sie ein Messer entlang einer Schablone, die dicht über der Sohlenplatte gehalten wird, führt. Abb. 793 stellt eine Nahaufnahme des oberen Teiles der Maschine dar, während Abb. 794 die Konstruktion der Schneidvorrichtung veranschaulicht. Ein 1-PS-Motor treibt mittels der Kette (1) (Abb. 794) eine Welle (2) an, die über Kegelräder eine zwischen zwei Zahnrädern laufende Kette (3) bewegt. An der Zahnkette (3) ist ein Rahmen (4) befestigt, der durch diesen Zwangslaufmechanismus auf einer ellipsenartigen Bahn bewegt wird, derart, daß die Fläche des Rahmens sich stets normal zur Ellipsenbahn einstellt. In dem Rahmen (4) bewegt sich, auf vier Rädchen gleitend, ein Schlitten (5), der den Messerkopf (6)

trägt. Durch drei kleine Rollen (7), die — wie aus Abb. 793 ersichtlich, zwei Stück außen und eine innen — längs des umgebördelten Randes einer Führung (8) von der Form der Sohle laufen, wird die Abweichung des Schlittens (5) von der Ellipsenbahn herbeigeführt und der Messerkopf (6) auf einer Kurve bewegt, die der Form der Sohle entspricht. Die soeben erwähnten kleinen Rollen (7) sorgen auch dafür, daß der Rahmen (4) stets senkrecht zu der Zahnkette (3) steht. Eine weitere Führung erfährt das Schneidmesser, das unter einem beliebigen Winkel (zwischen 27 und

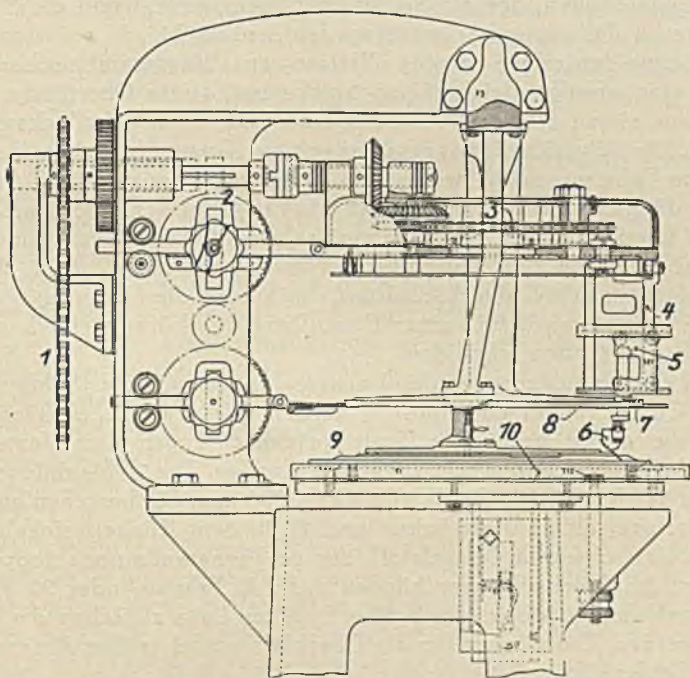


Abb. 794. Schnitt zur Sohlenschneidemaschine Abb. 793

90° zur Waagerechten) im Messerkopf eingespannt werden kann, durch eine Schablone (9) gleichfalls von der Form der Sohle, die, wenn der Maschinentisch gehoben ist, der zu schneidenden Sohlenplatte aufliegt.

Es ist zweckmäßig, um die Maschine herum einen Arbeitstisch zu bauen, der die Höhe der Maschinenplatte (10) in ihrer tiefsten Lage hat. Der Tisch kann auf der einen Seite mit Fächern zur Aufnahme von Schneidsätzen (Führungen und Schablonen) auf der anderen mit einem Kasten für Abfälle versehen werden. Das Schneiden der Sohlen erfolgt in der Weise, daß die Sohlenplatte¹⁸ mit der diamantierten Seite nach oben auf eine Schneidunterlage von mindestens 400 mm Breite und 900 mm Länge von einem Hilfsarbeiter aufgelegt und dem Sohlenschneider zu-

¹⁸ Um ein Haften der Sohlenplatte an der Schablone zu vermeiden, wird beim Kalandrieren oder vor dem Schneiden das Gelenk der Sohlenplatte gepudert.

geschoben wird. Nachdem dieser die Platte in richtige Lage gebracht hat, drückt er auf einen Fußhebel, und der Maschinentisch (10) beginnt — durch Preßluft bewegt — sich langsam zu heben. In dem Augenblick, wo die Gummiplatte mit einem genügenden Druck gegen die feststehende Sohlenschablone (9) gepreßt wird, startet automatisch das Schneidmesser und umfährt die Schablone.

Die ausgeschnittenen Sohlen werden von einem zweiten Hilfsarbeiter von den Schneidabfällen befreit und zusammen mit der Unterlage einem dritten zugesoben, der die Sohlen in Bücher einlegt und die Schneidunterlage an den ersten Arbeiter wieder zurückgibt.

Als Schneidunterlage dienen Platten aus Raggummimischung. Sie müssen eine absolut gleichmäßige Stärke und glatte Oberfläche haben. Häufig sind sie zu diesem Zweck mit einer oder zwei Schellackschichten bedeckt. Die Schneidunterlage kann auch aus Gummi bestehen, darf aber in diesem Falle nur mäßig weich sein. Gummiunterlagen eignen sich speziell für dünne Sohlenplatten, ebenso wie für gummiarme Sohlenmischungen. Die Einstellung der Maschine muß sehr sorgfältig vorgenommen werden. Bei richtiger Einregulierung hat man aber den Vorteil, daß die Sohlenplatte sauber durchschnitten, während die Unterlage gerade schwach geritzt wird. Mit einer Einstellung der Führung (8) kann man 3 bis 4 Sohlengrößen schneiden.

Die in der Gummizuschneiderei ausgeschnittenen Teile (Sohlen, Oberblätter, Gummibänder und Sporen) werden, wie erwähnt, in Bücher eingelegt, die durch besondere Transporteinrichtungen den Verteilungsstellen der Konfektioniersäle zugeführt werden. Die Sohlenbücher z. B. haben in der Regel eine Größe von 450×550 mm. Sie bestehen aus einer Holzunterlage, einem Holzrücken und 12 in dem Rücken eingehafteten Blättern aus schwerem Nesselstoff, der gegebenenfalls noch doppelseitig gummiert ist. Solche Bücher können z. B. 48 Frauen- oder 36 Männersohlen aufnehmen, wobei die Sohlen in einer Lage zwischen die Blätter gelegt werden. Die Bücher für die Oberblätter sind größer dimensioniert als die Sohlenbücher.

Schmierabteilung (Abb. 776, 14)

Während die anderen Stoff- oder Gummiteile von den Zuschneidereien direkt in die Verteilungsstellen des Konfektioniersaales gelangen, passieren die Futteroberteile zuvor noch die Schmierabteilung. Hier werden auf der ungummierten Seite die Ränder dieser Teile, die beim späteren Konfektionieren auf die Futtersohle umgeschlagen werden, um ein gutes Haften zu gewährleisten, mit dicker, etwa 30proz. Kautschuklösung vorgestrichen.

Die Einrichtung der Schmierabteilung besteht aus mit Zinkblech beschlagenen Arbeitstischen von 4 m Länge, 1200 mm Breite und 950 mm Höhe, die gleichzeitig als Trockentische ausgebildet sind. Zu diesem Zwecke sind sie unter der Tischplatte dicht verschlagen und an den beiden Längsseiten mit Schiebetüren versehen. Im Inneren der Tische befinden sich drahtbespannte Regale, den Boden bedecken Rippenrohre zur Heizung, während unten einmündende Absaugrohre für die zuver-

lässige Entfernung und eventuell Rückgewinnung der entwickelten Benzindämpfe sorgen.

Die zu schmierenden Teile werden von der Arbeiterin auf dem Tisch derart übereinander abgelegt, daß sie sich gegenseitig abdecken und nur einen jeweils 5 bis 8 mm breiten Rand freilassen. Mit einem Spachtel wird die Gummilösung auf den freiliegenden Rand aufgetragen, worauf die Futterteile im Inneren des Tisches zum Trocknen ausgelegt werden. Zur Aufnahme der Lösung dienen tassenförmige Büchsen mit Deckel.

Der Prozeß des Schmierens läßt sich weitgehend mechanisieren. In amerikanischen Fabriken wird zum Einstreichen der Futterteile eine Spezialmaschine verwendet, die von der *United Shoe Machinery Corp.*, Boston, gebaut wird.¹⁹ (Vgl. Seite 1066 dieses Buches.)

D. Das Konfektionieren der Teile über einem Leisten

Der erste Knotenpunkt in dem Produktionsschema der Abb. 776 war die Mischkammer (7). Der zweite ist der Konfektioniersaal (15). Hier vereinigen sich sämtliche aus den Zuschneidereien (12 und 13) sowie aus der Schmierabteilung (14) in Büchern oder Kästen kommenden Schuhteile, um über Leisten — die aus dem Lager (19) hierher gelangen — zu kompletten Schuhen zusammengefügt zu werden. Die Fülle der verschiedenartigen, zu den einzelnen Fassons und Größen gehörenden Teile, macht es notwendig, in dem Konfektioniersaal besondere Verteilungsstellen einzurichten. Die für je einen bestimmten Schuhtyp erforderlichen Einzelteile werden hier serienweise zu Sätzen zusammengestellt und dann den einzelnen Arbeiterinnen oder Arbeitskolonnen zugeführt.²⁰

Die Einzelteile der Gummischuhe (mit Ausnahme der Futterborteile, die über die Schmierabteilung kommen, und der Gummitteile, die in Büchern transportiert werden) gelangen in die Konfektionssäle in jener Form wie sie aus den übereinandergeschichteten Stoffbahnen ausgestanzt wurden, d. h. in Stapeln aus mehreren Lagen, die zuweilen mehr oder weniger miteinander verklebt sind. Die Stapeln müssen auseinandergetrennt werden. Diese Operation wird der Schuhmacherin abgenommen und einer Kolonne besonders hierzu bestellter Arbeiterinnen zugewiesen.

Nachdem das Material in die einzelnen Lagen aufgeteilt und gegebenenfalls geschärft worden ist, wird es mit dünner (etwa 10proz.) Gummilösung eingestrichen. Dies wurde früher von der Schuhmacherin selbst besorgt, die am Vorabend die für den nächsten Tag in Frage kommenden Teile vorstrich. Auch diese Arbeit wird heute fast allgemein in einer vorbereitenden Operation, gegebenenfalls maschinell, besorgt. »Eingestrichen« werden diejenigen Teile, die beim Schneiden oder Stanzen gepudert worden sind, ebenso Reißverschlußstreifen usw.

¹⁹ Leider wird diese Maschine, ebenso wie eine Reihe anderer von der gleichen Firma für die Gummischuhherstellung entwickelter Vorrichtungen zur Zeit aus den Vereinigten Staaten nicht ausgeführt. Es war auch nicht möglich, hier eine Photographie der Maschine zu bringen.

²⁰ Für den Transport der Sätze sind von Amerikanern (vgl. z. B. A. P. Nr. 1 792 322) Fördersysteme besonderer Art vorgeschlagen worden.

Zum maschinellen »Einstreichen« der Innenteile sind zumal von der United Shoe Machinery Corporation, Boston, USA, eine Reihe von Vorrichtungen entwickelt worden, von denen in Abb. 795 eine rotierende Maschine zum einseitigen und in Abb. 796 eine Maschine zum doppelseitigen »Einstreichen« gezeigt sind. Die Maschine der Abbildung 795 eignet sich z. B. für Futtersohlen usw., von denen sie pro Tag etwa 15 000 bis 20 000 Paar gummieren kann. Sie wird vorteilhaft in Verbindung mit einem synchronisierten Förderband benutzt, auf dem die ein-

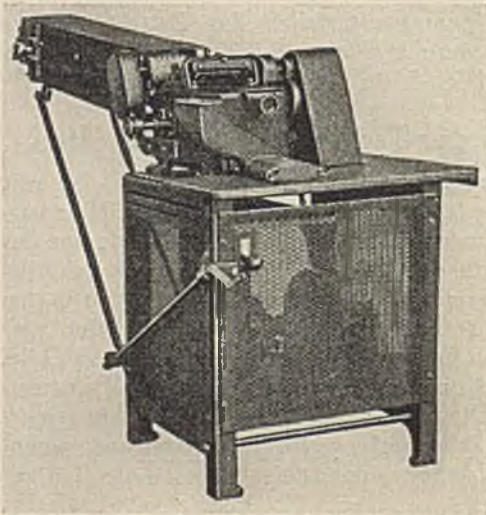


Abb. 795

Abb. 796

*Einstreichmaschinen für Schuheile
(United Shoe Machinery Corp., Boston, USA.)*

gestrichenen Teile Gelegenheit haben zu trocknen. Die Maschine der Abb. 796 wird für Zwischensohlen, Fersenkappen usw. verwandt und hat eine Tagesleistung von etwa 12 000 bis 15 000 Paar.

Die so vorbereiteten Stoffteile werden, sofern sie klebrig sind, zwischen Ölpapier gelegt, oder in Heften mit Blättern aus cellon-impregniertem Stoff aufbewahrt. Nichtklebrige Teile werden einfach übereinandergeschichtet. In beiden Fällen sind die Teile vor erneutem Einstauben oder Verunreinigen sorgfältig zu schützen.

Das Konfektionieren geschieht nun entweder in der Weise, daß sämtliche Teile eines Schuhs von ein und derselben Arbeiterin sukzessive auf den Leisten gebracht werden, oder man läßt eine mehr oder weniger weitgehende Arbeitsteilung im Konfektionierprozeß eintreten, die zuweilen mit einer mechanischen Förderung des Arbeitsgutes verbunden wird.

Bei der ersten Methode, die die älteste ist, wird der Konfektioniersaal von Geleisen mit Drehscheiben durchzogen, zu deren beiden Seiten zinkblechbeschlagene Arbeitstische von etwa 4 m × 1 m × 950 mm Höhe

stehen. Um die Tische herum sind je acht Arbeitsplätze angeordnet, und neben jedem Tisch stehen zwei Wagen (Abb. 797), von denen der eine leer, der andere mit etwa 200 Paar Leisten behängt ist. Diese Menge entspricht etwa der Tagesleistung der acht Schuhmacherinnen. Die Leisten

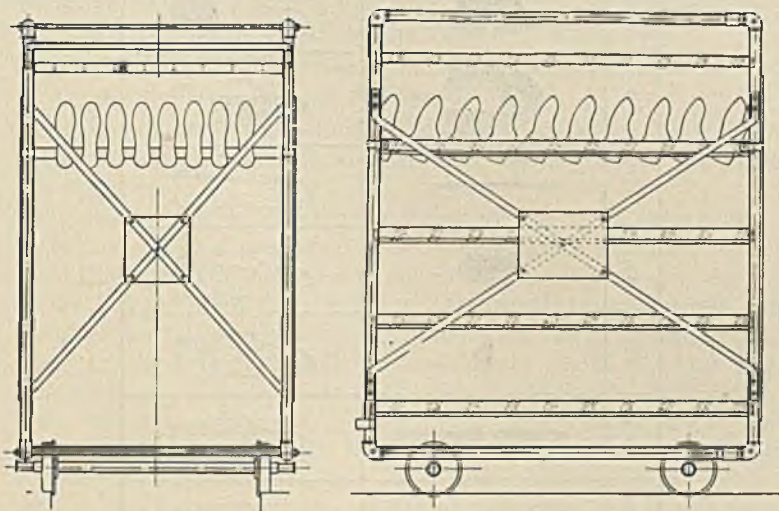


Abb. 797. Wagen

hängen (in den Wagen) zu je vier Paar an flachen herausnehmbaren Eisenstangen. Die Stifte (st) dieser Stangen (Abb. 797) greifen hierbei in die in Abb. 832, Seite 1060, sichtbaren Bohrungen des Leistens. Auf jedem Arbeitsplatz ist ein gußeisernes Gestell angeordnet, das Einkerbungen zur Aufnahme einer mit vier Paar Leisten behängten Stange besitzt. Die Platzmitte ist mit einer etwa $400 \times 300 \times 2$ mm starken Stahlplatte bedeckt, auf der das Konfektionieren vorgenommen wird. Diese Stahlplatte soll den Tisch vor Verletzungen durch die meist metallischen Leisten schützen. Rechts unter der Tischplatte befindet sich ein abklappbares Holzbrett, auf das die Arbeiterin die Bücher mit den Oberblättern und Sohlen legt. Die zugeschnittenen Stoffteile stehen in kleinen mit Zinkblech ausgeschlagenen Kästchen links vom Arbeitsplatz auf dem Tisch. Die kleinsten Teile und die Bänder aus Gummi und Stoffe können von der Schuhmacherin über eine Schiene des Gestells gehängt werden. An Werkzeugen gehören zu jedem Arbeitsplatz eine glatte Stahlrolle (40×40 mm), eine Zackenrolle (Abb. 798), diverse Scheren und tassenförmige, zur Aufnahme von Benzin und Lösung bestimmte Büchsen.



Abb. 798
Zackenrolle

Um ein genaues Bild vom Werdegang eines Schuhs zu gewinnen, wenden wir uns erneut der Abb. 773 zu, die in der mittleren Spalte den sukzessiven Aufbau einer gewöhnlichen Galosche zeigt. Die Einzelteile




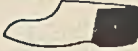







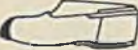






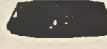








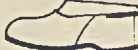




Nr.	Teil	Zusammenbau
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		

Abb. 799. Bestandteile und Aufbau einer Galosche

des Schuher sind bereits von ihrer Beschreibung auf Seite 993 her bekannt. Während aber dort die jeweils übereinanderliegenden oder dem gleichen Zwecke dienenden Teile zusammengefaßt wurden, verfolgt man beim Konfektionieren das Prinzip ineinandergefügter, möglichst zusammenhängender Schalen; und das Zusammenkleben erfolgt in der Reihenfolge der Numerierung der Abb. 773. Der Übersichtlichkeit halber ist der linke Teil dieser Abbildung in Abb. 799 wiederholt.

Vor Beginn des Konfektionierens bringt die Arbeiterin eine Stange mit vier Paar Leisten vom Wagen auf das Gestell.

1. Sie nimmt dann einen Leisten mit nach oben gekehrter Sohle und legt die ausgestanzte Futtersohle mit der un gummierten Seite dem Leisten an.
2. Die rauhe Kappe wird um die Ferse des Leistens gelegt. Ihre überstehende Kante von etwa 5 bis 7 mm Breite wird auf die Futtersohle umgeschlagen und auf dieser fest angerollt.
3. Der Leisten wird jetzt mit der Sohle nach unten gestellt und der Futteroberteil derart aufgelegt, daß er die rauhe Kappe etwas überlappt. Die Arbeiterin rollt die überlappte Stelle an, dann kehrt sie den Leisten mit der Sohle nach oben, zieht den Futteroberteil straff an, schlägt seine mit Gummilösung bestrichene Kante auf die Futtersohle um und rollt sie fest. Die dabei auf der Sohle sich bildenden Falten werden mit der Schere fortgeschnitten. Beim Anlegen des Futteroberteiles ist darauf zu achten, daß die rauhe Kappe am Spann des Leistens etwas über den Futteroberteil hinausragt.²¹
4. Nunmehr legt die Arbeiterin das kurze schwarze Band um die obere Kante des Futters, wobei das Band mit der Höhe des Futteroberteils abschließt, also etwas unterhalb des oberen Randes der rauhen Kappe verläuft.
5. Die geschärfte Halbsohle wird hierauf an der aus Abb. 799 (5) ersichtlichen Stelle fest angerollt.
6. An der Spitze des Leistens wird die Zehenkappe angelegt, überlappt und fest an Futtersohle und Futteroberteile angerollt.
7. Jetzt kehrt die Arbeiterin den Leisten erneut mit der Sohle nach oben und legt — im Gelenkteil bei der rauhen Kappe beginnend — um den vorderen Sohlenrand das graue Band. Da dieses Band diagonal aus dem Stoff geschnitten ist, legt es sich beim Ziehen auf die Sohle wie auf den Schaft um und kann einerseits auf der Futter- und Halbsohle, andererseits auf dem Futteroberteil und der Zehenkappe festgerollt werden. Die an der Zehenspitze auf der Sohle sich bildenden Falten werden fortgeschnitten.
8. Als nächsten Teil nimmt die Arbeiterin jetzt das Gummiband und faßt damit den ganzen oberen Rand des Schuher ein. Der Leisten wird hierfür natürlich wieder auf die Sohle gestellt. Im Gegensatz zum grauen Band, das nur mit seinen Enden an der rauhen Kappe

²¹ In einigen Fabriken verfährt man so, daß man zuerst auf dem Tisch den Futteroberteil (3) an der rauhen Kappe (2) befestigt und diese Teile zusammen auf den Leisten bringt, dann erst wird die Futtersohle (1) eingelegt.

befestigt ist, umläuft das Gummiband auch die ganze Ferse des Schuhs.

- 9.—14. Die in Abb. 799 gezeichneten Gerüstteile (9, 10, 11, 12, 13 und 14) werden der Reihe nach von der Arbeiterin aufgelegt und fest angerollt. Nach der letzten dieser Operationen wird die überstehende Oberkante der rauhen Kappe umgebördelt und festgerollt. Dadurch wird die ganze hintere Schuhpartie zusammengeheftet und bildet nach der Vulkanisation ein beinahe einheitliches Stück.
15. Vor dem Aufbringen auf den Leisten wird das Oberblatt von der Arbeiterin auf dem Tisch ausgelegt und je nach dem verwandten Pudermittel mit Benzin oder Lösung abgewaschen oder abgefrischt; seine innere Kante wird etwas umgeschlagen und angerollt, so daß sich dort eine kleine Verstärkung bildet. Mit dieser Verstärkung, den Gerüstteilen zugekehrt, wird das Oberblatt — an der Ferse beginnend — zunächst entlang dem oberen Schuhrand angerollt, etwas angespannt und durch Herunterrollen am Leisten überall gut angelegt. Der überschüssige Gummi wird an der Ferse mit der Schere fortgeschnitten, und die Fersennähte werden erst mit der glatten, dann mit der gezackten Rolle angerollt. Der Rand des Oberblattes wird nun auf die Sohle umgeschlagen und auch hier der überschüssige Gummi fortgeschnitten.
16. Als letzte Operation beim Konfektionieren wird die Gummisohle aufgelegt. Die Arbeiterin nimmt sie aus dem neben ihr liegenden Buch, befestigt sie zuerst an der Fußspitze, zieht sie etwas an, damit die Sohle die Ferse erreicht und rollt und klopft sie fest. Die abgeschrägten Ränder der Sohle werden sorgfältig am Oberblatt befestigt, und — um ihnen ein gefälligeres Aussehen zu geben, mit der Zackenrolle umfahren.

Jeder neu auf den Leisten gebrachte Teil wird, um den darüberkommenden ein besseres Haften zu gewährleisten, mit dünner Gummilösung oder mit Benzin abgefrischt. Zuweilen ist es üblich, eine Reihe von Teilen bereits am Vortage vorzubereiten.

Der Leisten mit dem fertig konfektionierten Schuh wird auf die Stifte der Stange gesteckt, und die Arbeiterin beginnt mit dem Kleben eines zweiten. Häufig wird die Praxis geübt, erst die acht Schuhe einer Stange einzeln so weit zu konfektionieren, daß die Futter- und Gerüstteile sich auf dem Leisten befinden, und sodann auf alle acht Schuhe die Gummideckteile aufzubringen. Sind vier Paar Schuhe fertig, so wird die Stange aus dem Arbeitsgestell herausgehoben und in den vor dem Tisch stehenden ursprünglich leeren Wagen eingehängt. Auf diesen Wagen rollt das Schuhwerk in den Lackierraum.

Die Konfektionierung eines Überschuhes zeigt in anschaulicher Weise Abb. 775.

Das Futter der Überschuhe besteht aus zwei Teilen: meist aus zwei Längshälften; in Schuhen mit Gummioberblatt auch aus einem vorderen und einem hinteren Teil. Wie in Abb. 775 gezeigt, werden vor Beginn der eigentlichen Konfektionierung über dem Leisten die Futterteile mit Hilfe des Futterbandes auf dem Tisch zu einer geschlossenen Figur verklebt.

Dann werden die Teile in der Reihenfolge ihrer Numerierung in Abb. 775 auf den Leisten gebracht.

Da das Abnehmen der geschlossenen hohen Schuhform vom Leisten ebenso wie das An- und Abziehen des Überschuhes unmöglich wäre, wird — nach beendigter Vulkanisation — aus dem Futter unter dem Futtereinsatz ein schmaler, sichelförmiger Schlitz mit Schere oder Schneidemaschine²² herausgeschnitten. Die Futtereinsätze (Zwickel) schützen dann vor Eindringen von Schnee und Feuchtigkeit.

Die Konfektionierung der in Abb. 775 gezeigten Schuhe ist umständlich und erfordert von der Arbeiterin viel Sorgfalt und Können. Man geht daher in steigendem Maße zu Schuhkonstruktionen über, die einen Reißverschlusstreifen im Futter eingenäht oder eingeklebt enthalten und daher, obwohl das Futter schneedicht geschlossen werden kann, im geöffneten Zustande ein müheloses Abnehmen vom Leisten gestatten.

Die meisten Gummistiefel, ebenso wie zahlreiche Sommer- und Sportschuhe erhalten einen massiven Absatz. Dieser Absatz wird zuvor in der Formerei hergestellt und vulkanisiert. Dann wird er während des Konfektionierungsprozesses mit Lösung an der Sohle angeklebt und nochmals zusammen mit dem Schuh einer Vulkanisation unterworfen.

Wie zu Anfang dieses Abschnittes erwähnt, ist die bisher beschriebene individuelle Konfektionierungsmethode die älteste. Das Rationalisierungsbestreben hat besonders diese Phase des Herstellungsprozesses erfaßt, und die individuelle Arbeitsweise wird in steigendem Maße durch andere Methoden verdrängt. Die Entwicklung geht hauptsächlich nach zwei Richtungen. Erstens dahin, die 16 bis 20 oder noch mehr Operationen, die mit dem Kleben des Schuhs verbunden sind, auf mehrere Arbeiter zu verteilen; zweitens ist man bestrebt, möglichst viele Hantierungen, die ausgeführt werden können, ohne daß das Material sich auf dem Leisten befindet, aus dem eigentlichen Konfektionierungsprozeß in vorbereitende Operationen auszuscheiden, derart, daß der Leisten beim Konfektionieren nur kürzeste Zeit besetzt bleibt.

Die Arbeitsteilung kann in mannigfacher Weise vorgenommen werden.

Auch in Europa wird die Arbeitsweise häufig angewandt, bei der das Kleben eines Schuhs von vier Arbeiterinnen besorgt wird. Durch sorgfältige Zeitstudien wird die für die einzelnen Hantierungen erforderliche Zeit festgestellt, wobei jeder Schuhtyp ein anderes Ergebnis liefert. Die Teile werden dementsprechend unter den Arbeiterinnen verteilt, die längs eines Tisches stehen. Der allmählich entstehende Schuh geht von einer Schuhmacherin zur anderen, wobei jede nur wenige und immer die gleichen Operationen ausführt. Die Verteilung muß so vorgenommen werden, daß das Material sich nirgends staut und auch kein Warten der Schuhmacherinnen aufeinander notwendig ist.

Eine noch weiter gehende Arbeitsteilung wird in einer Reihe amerikanischer und seit ganz kurzem auch europäischer Gummischuhfabriken geübt, wo Galoschen am laufenden Band geklebt werden. Die Tätigkeit

²² A. P. Nr. 1 795 485 (1931) von S. J. Finn und United Shoe Mach. Corp.

jeder einzelnen Arbeiterin ist noch weiter begrenzt, und der Schuh wandert selbsttätig von einer zur anderen.

Die Durchführung dieser Teilung wird dadurch erleichtert und teilweise erst ermöglicht, daß gleichzeitig mit dem »Einstreichen« alle vorbereitenden Operationen (wie das Zusammenlegen des Futters bzw. das Aufkleben des Futteroberteils auf die rauhe Kappe, das Vorbereiten der Einlagen, wie das Befestigen der Halbsohle und des Fersenstückes auf der Futtersohle, das Aufkleben des Trikotzwischenblattes auf die Oberblätter, Einkleben von Reißverschlußstreifen, Laschen, Zwickeln usw.) aus dem eigentlichen Konfektionierungsprozeß ausgeschlossen werden.²³ Dies vereinfacht die Arbeit der Schuhmacherinnen und erhöht ihre Produktivität. Nach Angaben von Iwanoff²⁴ stellt in den Vereinigten Staaten eine Arbeiterin für einen 8,5-Stundentag in Viererkolonnen durchschnittlich 48 Paar Galoschen bzw. 22,5 Paar Stiefel oder 38 Paar Überschuhe her. Am Band ist die Leistung noch höher und beträgt etwa 57 Paar Galoschen pro 8,5-Stundentag.

Trotz der zahlreichen Bedenken, die gegen die Arbeitsteilung im Konfektionierungsprozeß geltend gemacht werden können (in bezug auf die Sorgfalt bei der Arbeit, die persönliche Verantwortung der Arbeiterin für ihr Erzeugnis, die sehr einseitige Kraftanstrengung infolge stets gleichbleibender Arbeit usw.), beweisen die aufgeführten Zahlen, daß diese Methode bei einfacherem Schuhwerk (Galoschen) Vorteile bietet. Zur Zeit seiner Reise (Ende 1930) gingen sämtliche von Iwanoff²⁴ besichtigten Gummischuhfabriken in Amerika zum Bandsystem über.

Bei der Konstruktion von Arbeitsbändern ist folgendes anzustreben: 1. Muß man den gesamten Prozeß möglichst genau in Operationen oder Operationsgruppen von gleicher Zeitdauer aufteilen können; 2. müssen die Leisten möglichst kurze Zeit im Konfektionierungsprozeß verbleiben, und 3. sind alle überflüssigen und ermüdenden Hantierungen zu vermeiden, wie z. B. das häufige Umsetzen des Leistens vom Band auf das Arbeitsgestell.

Die Conveyor-Anlagen für die Fließfertigung von Gummischuhwerk sind von den einzelnen Schuhfabriken selbst entwickelt worden. Eine Reihe solcher Systeme wurde ihnen durch Patente geschützt.²⁶ Lediglich um ein Beispiel davon zu geben, wie die Arbeitsverteilung vorgenommen und der Transport des Leistens von einem Arbeitsplatz zum anderen besorgt werden kann, sei im folgenden an Hand des Vorschlages von Glidden, Knowland und Drechsler²⁷ ein Bandsystem ausführlicher beschrieben.

Die wesentlichen Elemente des Arbeitsbandes sind: Eine über vier Kettenräder laufende endlose Zahnkette (47) (vgl. Abb. 800), die mit

²³ Eine Vereinfachung der Galoschenkonfektionierung wird zuweilen dadurch erreicht, daß man den Futterstoff und den Trikot des Zwischenblattes auf dem Kalandrierer dubliert und diese Teile gemeinsam ausstanzt.

²⁴ loc. cit. S. 1040

²⁶ Vgl. z. B.: A. P. Nr. 1 730 313 (1929) von W. W. Benner, Kanad. P. Nr. 300 375 von E. H. Clark, Kanad. P. Nr. 300 377 von E. L. Patten.

²⁷ E. P. Nr. 314 249 und 314 688 (1929)

konstanter, in weiten Grenzen regulierbarer Geschwindigkeit, an den mit 1 bis 19 bezeichneten Arbeitsplätzen vorbeibewegt wird. Sodann befindet sich vor jedem Arbeitsplatz ein Leistenständer (vgl. Abb. 801 und 802) mit je einem daran befestigten Leisten. Durch Druck auf den Fußhebel (c) greift die Zahnkette (47) in den Leistenständer ein und bewegt ihn bis zum nächsten Arbeitsplatz, wo er selbsttätig stehenbleibt. Besonders konstruktive Vorkehrungen sorgen für die einwandfreie Abwicklung dieses Förderprozesses.

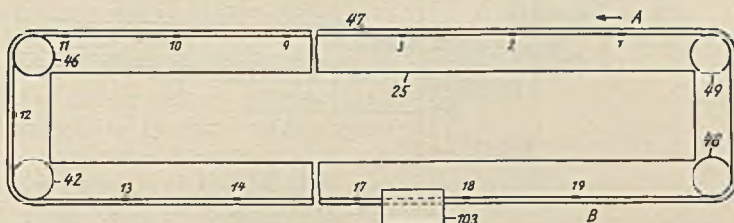


Abb. 800. Zur Arbeit am laufenden Band

Der Leistenhalter, auf dem — im Gegensatz zu dem bei der individuellen Arbeitsweise Gesagten — der Leisten während des Konfektionierungsprozesses befestigt bleibt, ist zweckmäßig auszubilden. Er muß rasches und sicheres Abnehmen und Aufsetzen des Leistens zulassen, und er muß es gestatten, daß z. B. die Sohle des Leistens jede beliebige Lage in einem Halbkugelraum einnehmen kann. Es fehlt in der Patentliteratur wie in der Praxis nicht an diesbezüglichen Vorschlägen.²⁸

Die Arbeitsverteilung soll am Beispiel eines leichten Gummischuhes amerikanischer Art illustriert werden. Die amerikanische Schuhkonstruktion ist einfacher als die russische. Die Einzelteile dieses Schuhs werden in Abb. 803 gezeigt.

Außer durch richtige Aufteilung der Arbeitsgänge und durch Ausschcheidung vorbereitender Operationen, kann die Arbeitszeit der einzelnen Schuhmacherinnen dadurch noch weiter angezogen werden, daß man die Arbeit, den zu befestigenden Teil aus dem Vorratskasten zu entnehmen, einer Arbeiterin mit größerem Arbeitspensum abnimmt und an eine andere mit kleinerem Arbeitsprogramm überträgt. Zu diesem Zwecke fährt mit dem Leistenständer ein kleiner Tisch (a) mit. Hat eine Schuhmacherin weniger zu tun als eine spätere, so kann ihr die Aufgabe zugeteilt werden, das Arbeitsstück für diese auf dem Tisch (a) zurechtzulegen. Ist außerdem eine unteilbare Operation zu lang, so kann sie von zwei Arbeiterinnen besorgt werden, derart, daß jede einzelne von ihnen nur jeden zweiten Schuh in Arbeit nimmt.

In unserem Beispiel der Abb. 800 bis 803 wählt die Arbeiterin Nr. 1 einen Leisten aus und zieht den hier aus einem Stück bestehenden Futteroberteil (1) darüber. Das Futter ist zuvor in einer vorbereitenden

²⁸ Es sind auch Vorrichtungen vorgeschlagen worden, die am Band befestigt den Leisten halten und auf dem Wege von einer Arbeiterin zur nächsten selbsttätig in die jeweils erforderliche Stellung bringen (A. P. Nr. 1 829 000).

Operation auf dem Tisch zusammengelegt und mit dem angezeichneten Bändchen zu einer geschlossenen Figur verklebt worden. Dann steckt sie den Leisten auf den Halter am Laufband. Die eigentümliche hohe Form des Futters erklärt sich hier daraus, daß es über das Oberblatt hervor-

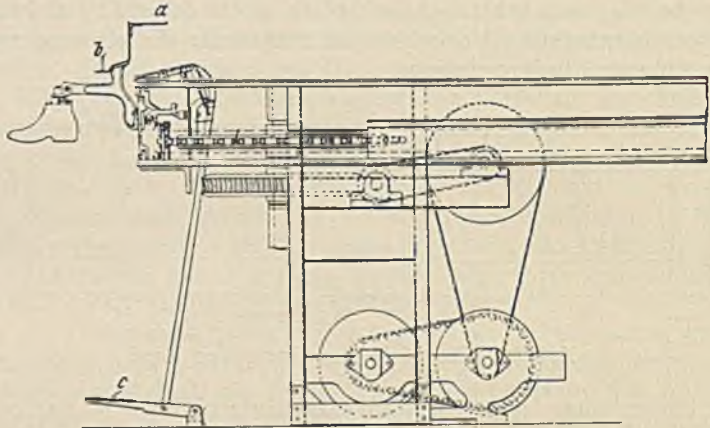


Abb. 801

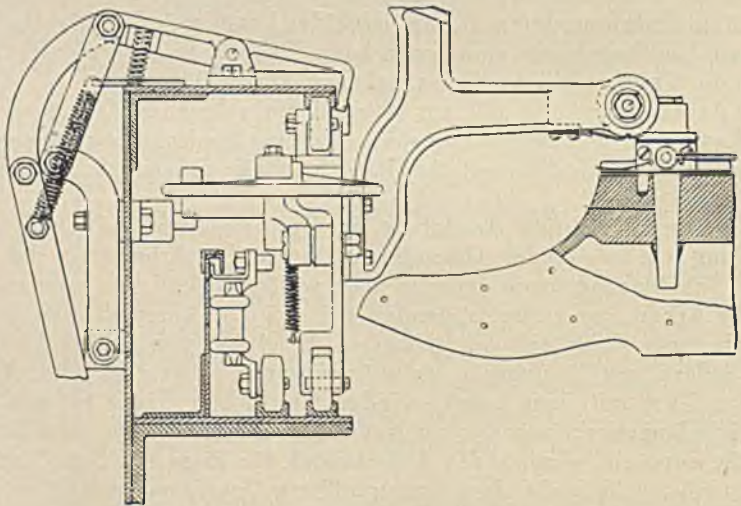


Abb. 802

Zur Konfektionierung am laufenden Band

stehen soll, um das maschinelle Lackieren zu ermöglichen (vgl. S. 1033). — Als nächstes entnimmt die Arbeiterin Nr. 1 die dicke Kappe (Junior) (2) aus dem Vorratskasten und legt sie auf dem Tischchen (a) für die Arbeiterin Nr. 6 zurecht. Dann tritt sie den Fußhebel (c) herunter, und der Leisten bewegt sich zu Nr. 2.

Die Arbeiterin Nr. 2 legt auf die unter 45° zur Waagerechten gehaltene Sohle des Leistens die Futtersohle (3) auf. Dann zieht sie das Futter an der vorderen Schuhpartie etwas zur Sohle herunter und schlägt seinen Rand auf die Futtersohle um.

Das gleiche führt an der hinteren Schuhpartie die Arbeiterin Nr. 3 aus, die sodann das Futter ringsherum glatt anrollt.

Nr. 4 markiert nach einer Schablone auf dem Futteroberteil an der Fersen- und Spannpartie je einen Strich, der den folgenden Arbeiterinnen als Anhalt beim Aufbringen der Teile dient. Dieselbe Arbeiterin entnimmt auch ein graues Band (4) aus dem Buch und hängt es über den Leisten.

Nr. 5 nimmt das graue Band (4) vom Leisten und befestigt es an der in Abbildung 799 (6) gezeichneten Stelle. Den Überschuß reißt oder schneidet sie ab.

Nr. 6 befestigt an der Schuhspitze die Zehenkappe (5). Dann nimmt sie die dicke Kappe vom Tischchen (a) und legt sie an der Ferse an, derart, daß sie etwas über den Sohlenrand übersteht.

Die Arbeiterin Nr. 7 befestigt an der Ferse die dünne Kappe (6), derart, daß sie oben mit der von Nr. 4 angebrachten Markierung abschließt und die hintere Schuhpartie ebenso wie die dicke Kappe bedeckt.

Nr. 8 befestigt das Schenkelstück (7), das aus gummiertem Gewebe besteht und rollt es ebenso wie das graue Band und die dünne Kappe fest.

Nr. 9 befestigt die Zwischensohle (8) und rollt die ganze Sohlenpartie an.

Die Arbeiterin Nr. 10 nimmt das Oberblatt (9) aus einem Buch, legt es dem Leisten an und befestigt es dann durch Anziehen an der Zehenspitze. Durch Adhäsion hält dann das Oberblatt an dem Futter fest und kann ohne abzugleiten an den Arbeitsplatz Nr. 11 befördert werden.

Nr. 11 spannt das Oberblatt auf der einen Seite etwas an und schneidet den überschüssigen Gummi an der hinteren Naht fort. Dabei sorgt sie dafür, daß auch der obere Rand des Oberblattes hinten mit der von Nr. 4 angebrachten Marke abschließt.

Die gleiche Operation auf der anderen Schuhhälfte führt die Arbeiterin

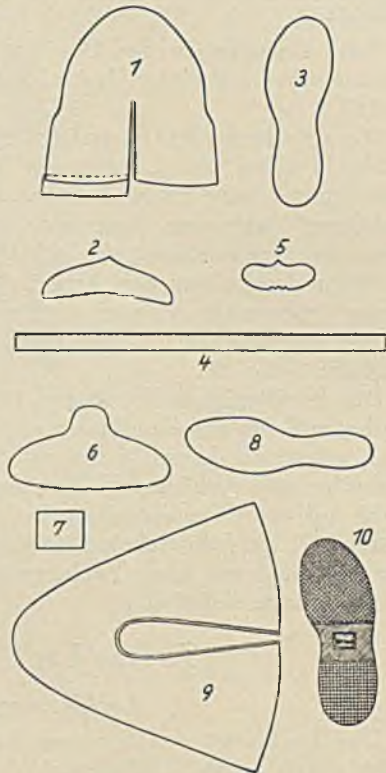


Abb. 803. Teile einer amerikanischen Galosche

Nr. 12 aus. Auch sie schneidet den überschüssigen Gummi an der Fersen-naht fort und überlappt die beiden Oberblattenden.

Die Arbeiterin Nr. 13 wischt mit einem benzinefeuchten Tuch über das Oberblatt und rollt es mit einer Gummirolle allseitig an. Hierdurch wird das Oberblatt überall gut angelegt und die Gerüstteile markieren sich darauf. Die gleiche Arbeit wird auch von der Arbeiterin Nr. 14 ausgeführt, und zwar bearbeiten Nr. 13 und Nr. 14 abwechselnd jeden zweiten Schuh.

Beim Umschlagen des Oberblattes auf die Sohle bilden sich Falten. Diesen überschüssigen Gummi schneidet Nr. 15 fort und entfernt den Abfall.

Die Arbeiterin Nr. 16 umfährt mit einer Zackenrolle die Fersennähte.

Nr. 17 nimmt den Leisten von dem Leistenhalter, streicht seine Sohle mit Gummilösung ein und steckt dann den Leisten auf den Stift (b). Sie entnimmt dann dem Buch eine diamantierte Sohle (10), streicht auch diese mit Gummilösung ein und legt sie auf das Tischchen (a).

Bevor der Leisten den Arbeitsplatz Nr. 18 erreicht, passiert das Band einen Trockenofen, der mit elektrischen Heizwicklungen und einem Ventilator ausgestattet ist. Hier trocknet die Gummilösung auf dem Leisten und der Sohle an.

Die Arbeiterinnen Nr. 18 und 19 nehmen abwechselnd je einen Leisten und eine Sohle von dem Leistenrahmen, legen den Leisten auf einen Tisch und befestigen darauf in der auf Seite 1026 beschriebenen Weise durch Anrollen und Anhämmern die diamantierte Sohle. Die Außensohle kann auch auf einer Preßmaschine hydraulisch oder pneumatisch (vgl. Abbildung 840) an dem Schuh befestigt werden. Die gleiche Schuhmacherin umfährt auch mit einer Zackenrolle den Rand, an dem Sohle und Oberblatt zusammenstoßen.

E. Das Lackieren der Schuhe

Lackierraum (Abb. 776, 16)

Das Lackieren des Schuhwerks geschieht entweder mit dem Pinsel oder durch Spritzen oder auch durch Eintauchen in einen Lackbottich; letzteres kann von Hand oder maschinell erfolgen.

Das Lackieren mit dem P i n s e l ist die ältere Methode. Sie wird auch heute noch gelegentlich angewandt; namentlich dient sie zum Lackieren von Überschuhen und von Tennisschuhen mit anvulkanisierter Gummisohle. Der Lack muß in diesem Falle ziemlich dick sein und wird von geübten Arbeitern mit einem Dachshaarpinsel gleichmäßig auf die Schuhe ohne Blasen- oder Schaumbildung aufgetragen. Die Leisten mit dem lackierten Schuhwerk werden dann auf Stangen aufgehängt. Die sich noch evtl. bildenden Tropfen werden vorsichtig mit dem Pinsel abgefangen. Bei dieser Art des Lackierens bekommt der Schuh eine dickere Lackschicht als bei dem nachstehend beschriebenen Tauchverfahren und hat einen entsprechend höheren Glanz.

Eine andere Art des Lackierens ist das T a u c h e n von Hand. Hierzu kann vorteilhaft der in Abb. 804 gezeigte Tisch benutzt werden. Auf dem

Tisch sind Ständer angeordnet, die, ähnlich den Arbeitsgestellen im Konfektioniersaal, Einkerbungen zur Aufnahme von Stangen mit Leisten tragen. Da die Stellung, in der die Stange am bequemsten in den Ständer eingesetzt werden kann (A), nicht derjenigen entspricht, bei der der Lack gefahrlos und ohne das Futter oder die Leisten zu verunreinigen über den Sporn abtropfen kann (B), ist am Gestell eine einfache Vorrichtung vorgesehen, die das Schwenken der Stangen aus der einen Lage in die andere erlaubt (G). Unter dem Gestell ist von jeder Seite ein verschließ-

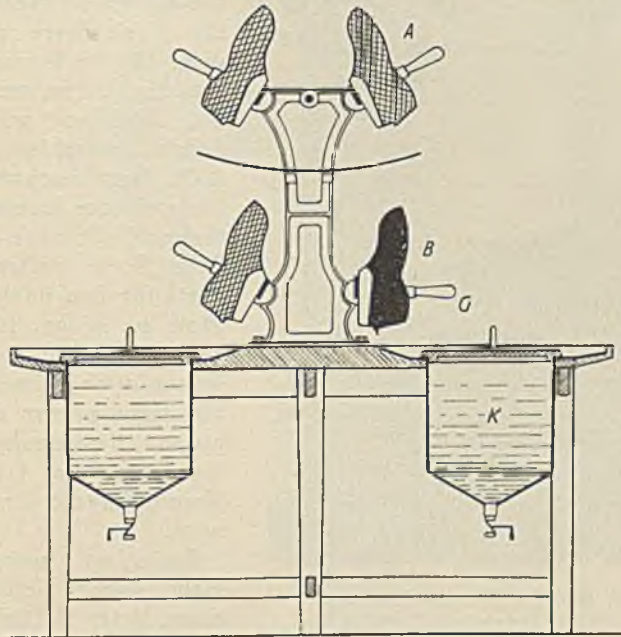


Abb. 804. Lackiertisch

barer Tauchkasten (K) entsprechender Größe angeordnet, wohin der nach Belieben mit Lösungsmitteln verdünnte Lack aus Tonnen abgefüllt wird. Das Lackieren der Schuhe geschieht einzeln, und zwar nimmt der Arbeiter jeweils einen Leisten von der Stange (Stellung B) herunter und benetzt vorsichtig mit der Hand oder einem Pinsel den oberen Rand des Schuhs mit Lack. Dann taucht er den Schuh mit der Sohle nach unten in den Tauchkasten bis etwas unter den Rand des Schuhs ein, zieht ihn heraus und hängt den Leisten auf die Stange zurück. Der überflüssige Lack tropft auf den mit Zinkblech beschlagenen Tisch ab und fließt von hier in die Tauchkästen zurück. Die Leistung eines Arbeiters beim Lackieren von Hand beträgt etwa 750 bis 1000 Paar pro Arbeitstag.

In den Vereinigten Staaten und in Kanada ist eine von I. H. Wall (Bristol, R. I., USA) gebaute Maschine zum Lackieren von Schuhwerk weit verbreitet. In Abb. 805 ist diese Maschine gezeigt, die gleichzeitig eine Stange mit Schuhen in einen Lackbehälter mit Hilfe eines doppelten

Systems von Zahnketten eintauchen kann. Ihre Leistung beträgt, von einem Arbeiter bedient, 4500 bis 5500 Paar Schuhe pro Tag.

Um das Lackieren auf dieser Maschine zu ermöglichen, muß die obere Kante des Futter etwa 1,5 bis 2 cm über das Gummioberblatt hinausragen (vgl. S. 1030). Nach der Vulkanisation wird diese Kante auf besonderen Maschinen (vgl. die Kreisschere in Abbildung 806)²⁹ herausgeschnitten. Eine Arbeiterin kann in 8½ Stunden auf solchen Schneidemaschinen etwa 3500 Paar beschneiden. Der Oberteil der Leiste muß in diesem Falle eine etwas andere Form aufweisen, um Platz für den überstehenden Stoff zu lassen. Im übrigen ziehen zahlreiche Schuhfabriken auch beim Lackieren von Hand es vor, das Futter etwas herauszulassen, da hierdurch die Gefahr des Verunreinigens vermindert wird.

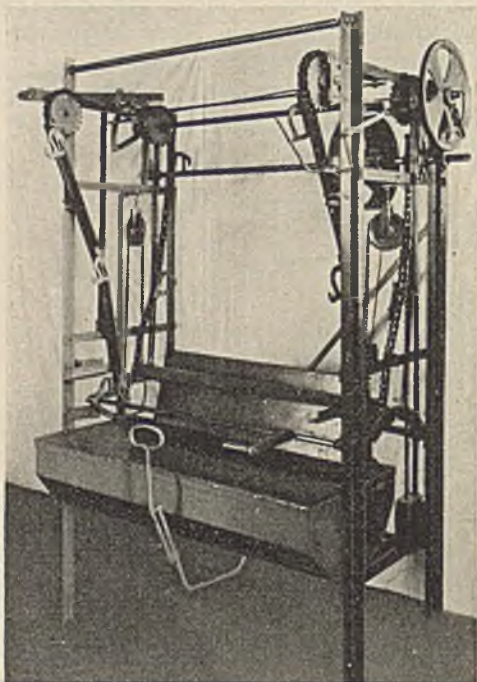


Abb. 805. Lackiermaschine
(I. H. Wall, Bristol R. I., USA.)

Stiefel werden von Hand durch Eintauchen in einen tiefen Bottich lackiert.

Herstellung des Lackes

Der Gummischuhlack ist ein geschwefeltes Leinöl. Er kann als ein unvollständiger Faktis angesehen werden, dessen Bildung während des Lackkochens ausgesetzt wird, um in der Vulkanisation vollendet zu werden.

Die Bereitung des Lackes zerfällt in zwei Phasen, erstens die Eindickung des Leinöls und zweitens das Vorkochen des Öles mit Schwefel.³⁰

Das Eindicken des Öles kann im wesentlichen auf zweierlei Art geschehen: durch längeres Erhitzen auf hohe Temperatur oder durch Hindurchblasen von Luft oder Sauerstoff.

Erstes Öleindickungsverfahren. Als Ausgangsprodukt

²⁹ Siehe A. P. Nr. 1 765 011 und D. R. P. 466 837 von United Shoe Machinery Corp., Boston.

³⁰ Eine ausführliche Zusammenstellung der Methoden zum Lackkochen findet sich bei H. Koch, Gummi-Ztg. 45 (1931) S. 1683

dient raffiniertes Leinöl.³¹ Das Öl kommt in einen etwa 125 bis 135 kg fassenden emaillierten Kessel, unter dem eine Feuerung unterhalten wird.³² Man erhitzt zuerst mit großer Flamme auf 200° C, dann etwas vorsichtiger auf 250° C. Von 250° C an muß die Temperatur von 10 zu 10° C immer langsamer gesteigert werden, bis 285 bis 295° C erreicht sind. Auf dieser Temperatur wird das Öl etwa 8 bis 10 Stunden lang erhalten. Nach dieser Zeit beginnt man, in kurzen, etwa halbstündigen

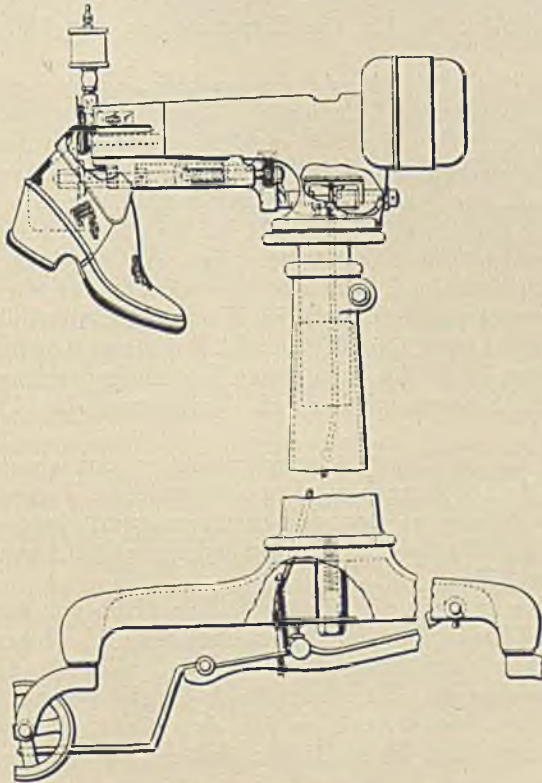


Abb. 806. Kreisschere
(U. S. M. Corp., Boston, Mass., USA.)

Abständen Proben zu entnehmen. Sobald das Öl Fäden zieht und beim Neigen des Gefäßes kaum mehr fließt, ist der Eindickungsprozeß abbrechen. Diesen Zeitpunkt kann man auch daran erkennen, daß gelbliche Blasen auf der Oberfläche des Leinöls erscheinen. Das eingedickte Öl soll ein spezifisches Gewicht von etwa 0,96 haben.

Das Dicköl muß noch warm aus dem Emailekessel in den Lackkessel übergeführt werden, wo man es auf 110° C erwärmt und etwa 5,8 bis 6,8% Schwefel zufügt. Der Schwefelgehalt der Gummischuhmischung ist

³¹ Zum Raffinieren wird das rohe Leinöl mit 2 Prozent Schwefelsäure (66° Bé.) geschüttelt.

³² Wegen akuter Feuersgefahr soll stets in der Nähe des Kessels Sand liegen.

ohne Einfluß auf die Lackbildung. Er braucht beim Kochen des Öles nicht berücksichtigt zu werden. Man läßt die Temperatur des mit Schwefel versetzten Leinöls auf 142 bis 145° C, höchstens in der letzten Stunde auf 150° C, steigen und erhält den Kessel bei dieser Temperatur solange, bis ein Tropfen Öl, auf eine Glasplatte gebracht, nach dem Abkühlen keine Schwefelausscheidung mehr zeigt und in der Durchsicht tief braunrot ist. Dann wird der Prozeß durch Verdünnen mit vorgewärmtem (französischem) Terpentinöl unterbrochen. Das Abschrecken des Lackes im geeigneten Augenblick ist für die Eigenschaften der Lackschicht sehr wichtig.

Bei der zweiten Methode der Lackherstellung verfährt man folgendermaßen: Raffiniertes Leinöl wird in einen doppelwandigen Kessel eingefüllt und durch Dampf auf etwa 80° C erwärmt. In das Öl läßt man ein Luftrohr eintauchen, durch das man dauernd vorgewärmte Luft bzw. Sauerstoff durch das warme Leinöl perlen läßt, bis dieses ein spezifisches Gewicht von etwa 0,96 erreicht hat. Das Öl wird dann abgekühlt, und nachdem es bestimmte Zeit gelagert hat, wird es wiederholt in einem doppelwandigen Kessel auf etwa 120° C erwärmt. Hier werden ihm etwa 6 bis 7% Schwefel zugesetzt und die Masse unter allmählicher Temperatursteigerung auf etwa 150° C gebracht. Bei dieser Temperatur wird es so lange erhalten, bis es die beim ersten Verfahren beschriebenen Merkmale aufweist. Sodann wird durch Verdünnen der Prozeß unterbrochen.³³

Der Lack wird in Fässern gelagert, wobei er sich absetzt und klärt. Erst kurz vor dem Gebrauch wird er mit weiterem Terpentinöl auf die zum Lackieren geeignete — durch Versuch zu ermittelnde — Konsistenz verdünnt. Das spezifische Gewicht des lackierfertigen Lackes beträgt in der Regel etwa 1,30.

Der Glanz der Lackschicht hängt in hohem Maße von der Beschaffenheit, Glätte und Sauberkeit der Gummioberfläche ab. Nebenher ist auch die Art des unter dem Oberblatt liegenden Stoffes für den Glanz des Lackes von Bedeutung.³⁴ Man kann durch Zugabe weicher Harze (Koloophonium) in Höhe von etwa 2 bis 3% den Glanz der Lackschicht erhöhen, läuft aber dabei leicht Gefahr, daß die Lackschicht spröde und brüchig wird.

Während des Tragens ist der Gummischuh Dehnung und Biegung ausgesetzt. Es ist offensichtlich, daß der Lack nicht nur sehr elastisch sein muß, um diesen Anforderungen zu entsprechen und nicht zu reißen, zu brechen oder abzublättern, sondern er muß auch an dem Gummi gut haften. Während die Elastizität des Lackes völlig durch seine Zusammensetzung und die bei seiner Herstellung beobachtete Sorgfalt bedingt ist, hängt seine Haftfähigkeit in erster Linie von der Beschaffenheit der Oberblattplatte ab.

³³ Eine Schwärzung der Lackschicht und eine Beschleunigung der Faktisbildung in der Vulkanisation kann durch einen Zusatz von 2 Prozent Bleiglätte zum Lack erreicht werden.

³⁴ Bei Druckvulkanisation markiert sich die Faserstruktur auf dem Oberblatt und somit auf der Lackoberfläche.

F. Die Vulkanisation

Die vielleicht wichtigste Phase im Herstellungsprozeß der Gummischuhe ist die Vulkanisation. Da man auf der Suche nach einem geeigneten Schuhlack sich für einen Faktislack entschieden hat, der zum Trocknen eine gewisse Zeit lang auf Vulkanisationstemperatur erhitzt werden muß, ging man schon frühzeitig dazu über, die Schuhe zusammen mit ihrer Lackschicht zu vulkanisieren.³⁵ Die lästige Eigenschaft dieses Lackes, in einer feuchten Atmosphäre an Aussehen und Festigkeit einzubüßen, zwang, auf den Dampf^{35a} als Vulkanisationsmedium zu verzichten.

Vom Standpunkt größtmöglicher Schonung der verwandten Gummimischungen wäre es vorteilhaft, die Schuhe in der trockenen Hitze eines inerten Gases (CO_2 , N_2) zu vulkanisieren. Dies ist jedoch nicht anwendbar, wenn es sich — wie meist — um lackiertes Schuhwerk handelt, da der Lack zu seiner Formierung außer Wärme noch Sauerstoff braucht.

Die seit mehreren Jahrzehnten dominierende Methode ist die Vulkanisation in trockener heißer Luft.

Vulkanisation bei Atmosphärendruck

Ursprünglich bediente man sich hierzu gemauerter Öfen oder Kammern, unter denen eine Feuerung unterhalten wurde. Die heißen Verbrennungsgase strichen durch im Boden und in den Seitenwänden der Kammer eingemauerte Rauchzüge und erwärmten, ohne mit den Schuhen in Berührung zu kommen, die Öfen und deren Beschickung.

Später ging man dazu über, die gemauerten Kammern mit Dampfschlangen zu beheizen, die teilweise an den Seitenwänden, hauptsächlich aber am Boden der Kammer angeordnet waren. Dies erleichterte die Zuführung der für den Vulkanisationsprozeß erforderlichen Wärme, und gab ein Hilfsmittel an Hand, die Wärmezufuhr zu regulieren. Im Innern der Öfen herrschte Atmosphärendruck. Zur Temperaturkontrolle waren in der Kammer Thermometer angebracht, die durch Glasfenster abgelesen werden konnten. Eine Klappe erlaubte die gelegentliche Entnahme eines Probeschuhes.³⁶

Die Hauptschwierigkeit bei der Ofenheizung war das Porös- und Blasigwerden der Schuhe, zumal der Sohle und der anderen starken Gummiteile. Man war gezwungen, langsame Temperatursteigerungen anzuwenden, und die Vulkanisationstemperatur von etwa 135°C wurde oft erst nach 5 Stunden erreicht. Der gesamte Vulkanisationsprozeß dauerte 8 Stunden oder noch länger. Dennoch war man bisweilen vor beträchtlichen Mengen Ausschub nicht geschützt.

³⁵ Die in den letzten Jahren wiederholt vorgeschlagene Schuhvulkanisation in Formen, bei der die Lackierung erst hinterher erfolgt, soll an besonderer Stelle dieses Kapitels beschrieben werden.

^{35a} Die Versuche, lackiertes Schuhwerk im Dampf zu vulkanisieren, werden auf S. 1056 besprochen.

³⁶ Die russische Fabrik »Treugolnik« vulkanisierte bis lange nach dem Kriege ihre riesenhafte Produktion (100 000 Paar Schuhe pro Tag) in derartigen Öfen.

Vulkanisation in Druckluft

Einen bedeutenden Fortschritt machte die Gummischuhvulkanisation zu Beginn dieses Jahrhunderts durch die Einführung der Vulkanisation in *Druckluft* in hermetisch verschließbaren Kesseln.³⁷ Bei der Einführung dieser neuen Vulkanisationsart hatte man hauptsächlich im Auge, die genannten Schwierigkeiten zu beseitigen. Gleichzeitig wollte man die Bindung der einzelnen Bestandteile des Schuhs fester gestalten und eine gewisse Kompensation schaffen für den fehlenden, bei der Herstellung von Reifen und anderen Gummiwaren in Anwendung kommenden Formdruck. Komprimierte Luft hatte weiterhin den Vorteil höherer Wärmekapazität und besserer Wärmeleitfähigkeit gegenüber Luft bei Atmosphärendruck, wodurch es auch wärmetechnisch möglich wurde, die Temperatursteigerung abzukürzen (Abb. 822 auf Seite 1048).

Bevor wir jedoch die zur Druckluftvulkanisation geschaffenen Einrichtungen beschreiben, soll auf den Verlauf und die Gestaltung des Vulkanisationsprozesses eingegangen werden.

Das Vulkanisationsdiagramm

Der Vulkanisationsverlauf, der sich aus dem voneinander unabhängig regelbaren Verlauf der Lufttemperatur und des Luftdruckes im Kessel zusammensetzt, ist durch eine Reihe von Faktoren bestimmt.

1. Seine Dauer, ebenso wie die Höhe der dabei erreichten Temperatur ist durch die verwandte Mischung bedingt. Während man bei den bleiglättehaltigen Mischungen meist eine Heizzeit von 4 Stunden in (umgewälzter) Druckluft benötigt und dabei die Temperatur von 135 bis 140° C erreicht, kommt man bei den neuzeitlichen Mischungen mit organischen Beschleunigern häufig mit einer 2- bis 3-Stunden-Vulkanisation bei 129 bis 132° C aus. Die massive, aus mehreren Schichten bestehende Konstruktion der Schuhe, ebenso wie das regelmäßige Nachhinken der Schuhtemperatur hinter der Temperatur der Luft im Kesselinneren (vgl. Abb. 809 und 811) machen es notwendig, die Temperatur zu Beginn des Prozesses *langsam* zu steigern.

2. Der Druckverlauf. Aus dem Konfektionierungsprozeß her enthalten die Schuhe, zwischen den Einzelteilen eingeschlossen, Reste des Lösungsmittels. Desgleichen sind die Chemikalien, die bei der Herstellung der Mischungen Verwendung finden, nicht frei von Feuchtigkeit. Alle diese Flüssigkeitseinschlüsse bilden in der Vulkanisation eine Gefahrenquelle, indem sie Blasenbildung herbeiführen können. Es muß daher streng auf einen Zusammenhang zwischen dem *Luftdruck* im Kessel und der *Temperatur* der Schuhe geachtet werden, und zwar derart, daß — zumal in der Periode der Temperatursteigerung — der äußere Luftdruck stets den inneren Dampfdruck der Lösungsmittel und der Feuchtigkeit wesentlich überragt. Die endgültige Höhe des anzuwendenden Luftdruckes ist nicht eindeutig entscheidbar; sie schwankt zwischen

³⁷ Ihre Entwicklung ist mit den Namen Bourn, Hill, Cockburn verbunden, und derartige Kessel wurden wohl zuerst im großen bei »Provodnik« in Riga eingeführt.

2 und 3,5 Atü. Der höhere Druck ist zweifellos für den Vulkanisationsprozeß günstig, erfordert aber gleichzeitig massivere Kesselkonstruktionen und größer dimensionierte Kompressoren. Der Druck muß schnell gesteigert werden, was einige Fabriken vorziehen in zwei oder mehr Stufen vorzunehmen. Er muß mindestens solange aufrechterhalten werden, bis die einzelnen Schuhteile durch Anvulkanisation soweit konsolidiert sind, daß die Gefahr der Blasenbildung nur noch gering ist (vgl. Abb. 808).

3. Die Anwesenheit einer flüssigen Lackschicht, die während des Prozesses trocknet, macht es ferner notwendig, die sich dabei bildenden Lösungsmitteldämpfe zu entfernen.³⁸

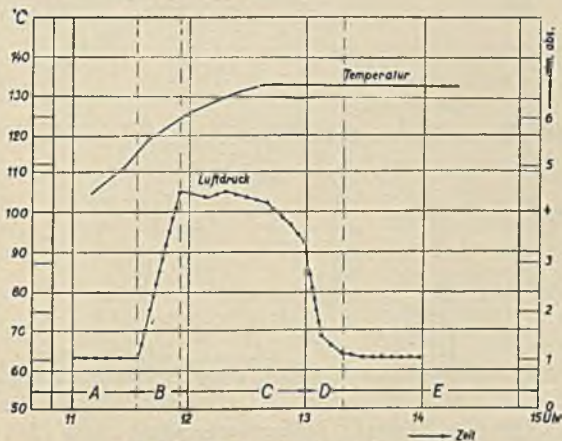


Abb. 807. Vulkanisationsdiagramm

Es ergibt sich für den Vulkanisationsverlauf im Kessel daher ein Bild, wie es Abb. 807 veranschaulicht. Fünf unterschiedliche Perioden sind erkennbar.

A. Vor Beginn der Vulkanisation, d. h. während die Temperatur der Luft bereits steigt, aber noch nicht die Vulkanisationsgrenze erreicht hat, wird der mit den Schuhen beschickte Kessel mit Luft durchblasen. In einem etwa 4 Stunden dauernden Vulkanisationszyklus nimmt diese Periode 1,25 Stunden ein. Bei den unten zitierten Versuchen an einem $16 \times 2,8$ -m-Kessel, für die auch das Diagramm der Abb. 807 gilt, betrug die hindurchgeblasene Luftmenge etwa 860 kg pro Stunde.

B. Nach Ablauf dieser Zeit (bei dem gewählten Beispiel der Abb. 807 hat die Luft inzwischen eine Temperatur von 115°C und die Beschickung eine Temperatur von 70 bis 80°C [Abb. 811] erreicht) werden die Auslaßventile geschlossen, und während die Temperatur weiter ansteigt, erreicht der Druck in etwa 20 Minuten seine volle Höhe von etwa 4,5 at. abs.

³⁸ Diese Dämpfe würden sich sonst, zumal bei örtlichen Temperatursenkungen, an der Oberfläche des Schuhwerks kondensieren und die Lackschicht verderben. Einen ähnlichen zerstörenden Einfluß auf die Lackschicht übt die Feuchtigkeit im Vulkanisationsraum aus (bei PbO-haltigen Mischungen: Silberschuhe).

C. Während der sodann folgenden Periode C des vollen Luftdruckes läßt man zur raschen und sicheren Entfernung der Terpentinämpfe und Vulkanisationsgase dauernd etwa 810 kg/Std. Luft abströmen und ersetzt sie durch zuströmende Frischluft. Bei einer Periodendauer von etwa einer Stunde entspricht dies einem zehnmaligen Wechsel der gesamten Kesselluftfüllung.

D. Anschließend an C bläst man den Kessel ab (20 Minuten) und durchbläst ihn während der letzten, etwa einstündigen Periode E abermals mit Frischluft.

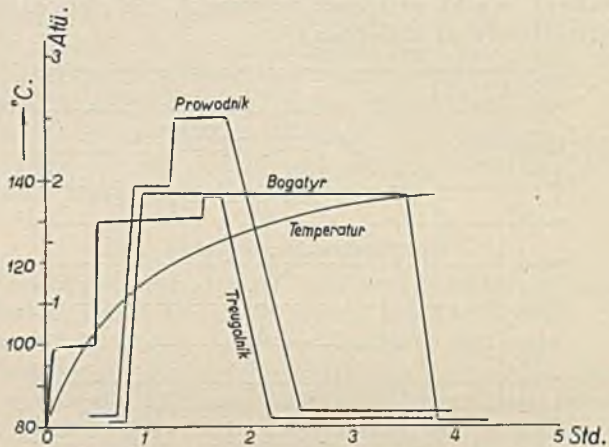


Abb. 808. Typische Vulkanisationsdiagramme für bleiglättehaltige Mischungen

In Abb. 808 sind nach einer Veröffentlichung von Winogradski³⁹ die Vulkanisationsdiagramme der drei russischen Gummischuhfabriken (»Treugolnik«, »Bogatyr« und ehem. »Provodnik«) gegenübergestellt, aus denen gleichfalls die Merkmale des soeben geschilderten Vulkanisationsverlaufes ersichtlich sind. Ein bestimmter Vulkanisationsverlauf, d. h. eine Temperatur und eine entsprechende Luftdruckkurve sind für die verwandte Kautschukmischung charakteristisch. Daneben spielt aber die Ausführung des Schuhs eine gewisse Rolle, und man wird, wenn man schwere Stiefel mit leichtem Schuhwerk zusammen vulkanisiert, nicht gleichzeitig optimale Vulkanisation erreichen.⁴⁰

Die in Abb. 807 und 808 gegebenen Vulkanisationsdiagramme gelten für bleiglättehaltige Mischungen. Ein typisches Schema für Mischungen mit organischen Beschleunigern, aus dem alle Einzelheiten des Vulkanisationsregims ersichtlich sind, ist in Abb. 811 gezeigt.

³⁹ J. R. I., Moskau, 5 (Januar 1931) Nr. 1.

⁴⁰ Viele Fabriken differenzieren daher das Vulkanisationsdiagramm, und A. A. Iwanoff berichtet von seiner Amerikareise (J. R. I., Moskau, 5 (Januar 1931) Nr. 1), daß er bei der Hood Rubber Co. in Watertown, Mass., an 27 verschiedene Diagramme gesehen hat, die in Benutzung waren.

Temperaturverhältnisse im Kessel

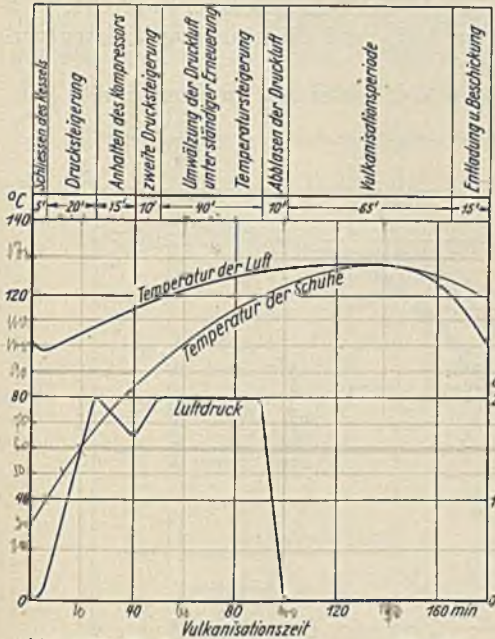


Abb. 809. Vulkanisationsdiagramm für blei-glättetfreie Mischungen

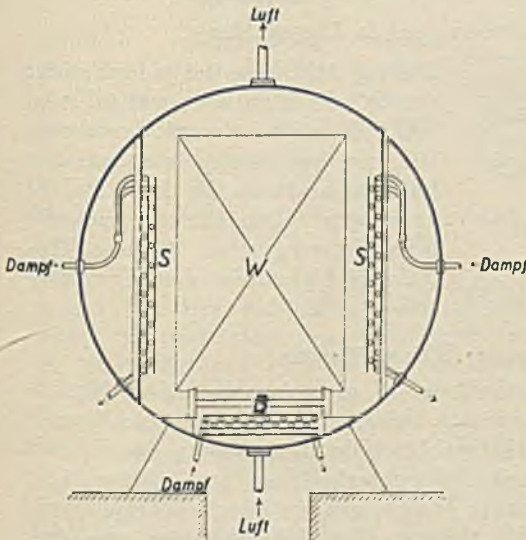


Abb. 810. Druckluftkessel ohne Umwälzeinrichtung (Schnitt)

Das Problem, das man bei der Konstruktion von Kesselanlagen zur Vulkanisation in heißer Luft zu lösen hat, ist die Erzielung einer gleichmäßigen Temperatur im ganzen Kesselinneren. Hinzu kommt die Forderung, daß die Anlage wirtschaftlich arbeiten soll.

Es muß vorausgeschickt werden, daß die einfache Anwendung von Druckluft als Vulkanisationsmedium für einen einwandfreien Vulkanisationsprozeß nicht ausreicht. Die natürliche Konvektion der Luft genügt nicht, um überall im Kesselinneren eine gleichmäßige Temperatur zu erzielen. Es ist vielmehr notwendig, die Luft im Kessel mechanisch umzuwälzen. — Dies soll durch die folgenden Darlegungen veranschaulicht werden.

Die Temperaturverteilung im Innern des in Abb. 810 im Querschnitt gezeigten gewöhnlichen Druckluftkessels⁴¹ (ohne Zirkulationseinrichtung) veranschaulicht in Längsrichtung Abb. 811, im Querschnitt Abb. 813. Die Anordnung der Meßstellen bei diesen von T a l a l a y⁴² durchgeführten Versuchen ist aus Abb. 812 und 814 ersichtlich.

Die Temperaturkonstanz in Längsrichtung (Abb. 810) kann als ziemlich befriedi-

⁴¹ Der Kessel hatte 16 m Länge und 2,8 m Durchmesser. Die Rohrschlangen waren an den Seitenwänden, und am Boden, angeordnet.

⁴² Kautschuk 8 (1932) S. 94, 110, 125 und I. R. J. LXXXIV (1932) S. 317

gend angesprochen werden. Wenn auch die Lufttemperaturen (3, 6 und 8) einen anderen Verlauf nehmen als die Leistentemperaturen (1, 2, 5 und 7), streuen doch die einzelnen Luft- und die einzelnen Leistentemperaturen nur wenig untereinander.

Ganz unbefriedigend ist dagegen die Verteilung im Querschnitt (Ab-

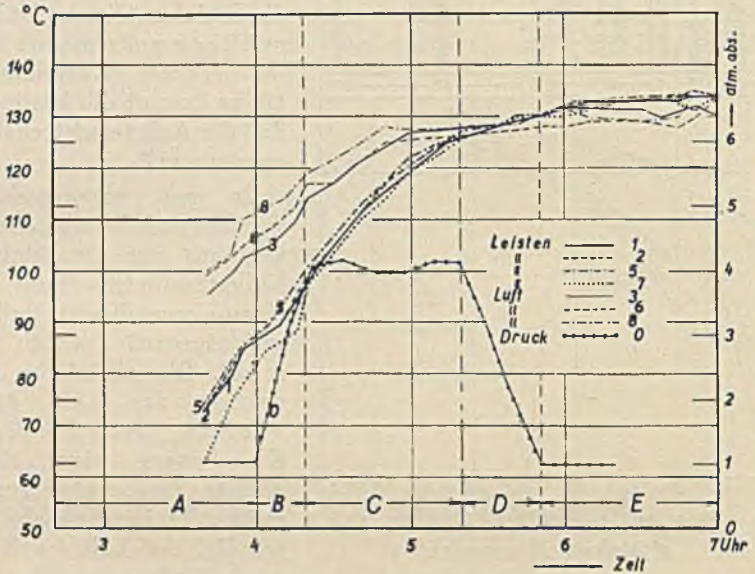


Abb. 811. Temperaturverteilung in Längsrichtung

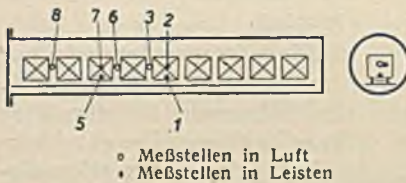


Abb. 812. Anordnung der Meßstellen zu Abb. 811

bildung 813). Dies ist jedoch nicht ausschließlich auf eine mangelhafte Luftzirkulation zurückzuführen, wie sie aus der Divergenz der Lufttemperaturen (3, 5, 7 und 8) hervorgeht. Vielmehr ruft auch die Strahlung eine gewisse Ungleichmäßigkeit in der Temperaturverteilung hervor.⁴³

Mechanismus des Wärmeüberganges

Zum Verständnis dieses Verhaltens ist es notwendig, den Mechanismus des Wärmeüberganges von den Heizflächen im Innern des Kessels auf die Beschickung näher zu betrachten. Die Beschickung des Kessels erhält die zur Steigerung und Aufrechterhaltung ihrer Temperatur erforderliche Wärme auf zweierlei Weise, erstens durch Wärmeleitung unter Mitwirkung der Luft, die sich an den Rohrschlangen erwärmt,

⁴³ Zum Beispiel zeigen die hochhängenden Leisten (1) in Abb. 813 dauernd eine geringere Temperatur als die untenhängenden Leisten (6), obwohl die Luft oben dauernd höher temperiert ist als unten. Dies ist eine Folge der Strahlungswirkung der unteren, nicht ausschaltbaren Rohrschlangen.

dann an die Schuhe gelangt und ihnen die Wärme vermittelt. Dann aber auch durch direkte Strahlung von den Heizflächen her. Während die durch Leitung den Schuhen vermittelte Wärmeenergie — unter Voraussetzung einer gewissen Temperaturuniformität im Kesselinnern —

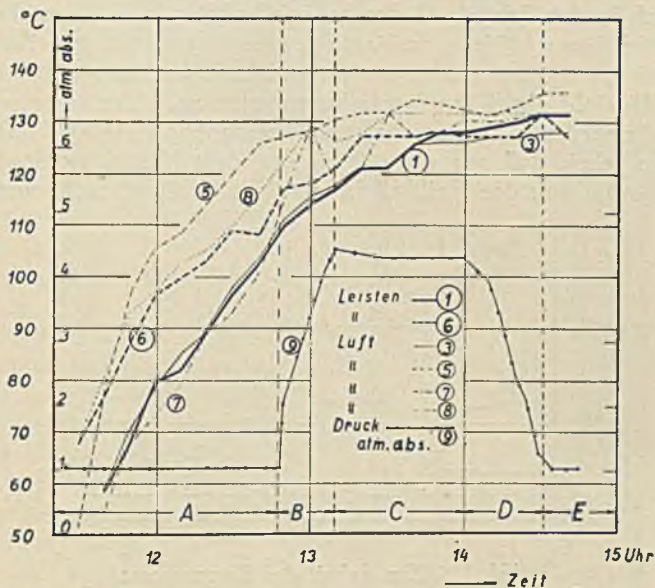


Abb. 813. Temperaturverteilung im Querschnitt

ziemlich gleichmäßig allen Schuhen zugute kommt, erwärmt die Strahlung vorzugsweise die am Rande hängenden Schuhe. Dies wirkt sich jedoch, solange die Temperatur der Beschickung noch niedrig ist, nicht ausgesprochen ungünstig aus. Erst mit steigender

Temperatur der Schuhe kann die Wärmestrahlung zu einer ungleichförmigen Vulkanisation führen. *Trifft man daher Vorkehrungen, um die Strahlung im Verlauf des Vulkanisationsprozesses regeln zu können (vgl. S. 1049), so kann man ein sehr wirksames Mittel gewinnen, die Temperatursteigerung abzukürzen, ohne eine ungleichförmige Vulkanisation der einzelnen Schuhe zu bekommen.*

Es liegt der Gedanke nahe, die Luft bereits vor Eintritt in den Kessel auf die erforderliche Temperatur vorzuwärmen, und die Größe der Heizfläche im Kessel so klein zu halten, daß lediglich die Wärmeverluste des Kessels nach außen gedeckt werden. Dies geschah und geschieht noch heute in zahlreichen Vulkanisationseinrichtungen. Wie jedoch die Versuche von Talalay⁴⁴ gezeigt haben, ist der Wirkungsgrad eines ge-

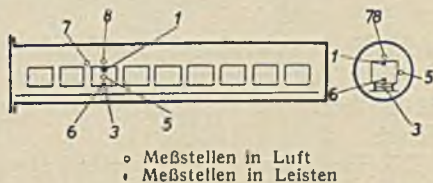


Abb. 814. Anordnung der Meßstellen zu Abb. 813

⁴⁴ loc. cit. S. 1041

trennten in die Kompressorleitung geschalteten Vorwärmers wegen der kostspieligen Anlage, der Wärmeverluste usw. nur gering.

Ein Luftvorwärmer ist bei geeigneter Kesselkonstruktion um so weniger notwendig, als, wie Abb. 815 zeigt, die Luft hinter dem Kompressor, namentlich in der Periode C des hohen Druckes, eine hinreichend hohe Temperatur (über 100°C) besitzt, um eine Vorwärmung entbehrlich zu machen.⁴⁵

Abb. 816 stellt ein Wärmeverteilungsdiagramm, einer aus Kompressor, Luftvorwärmer und Vulkanisierkessel bestehende Anlage dar.^{45a} Das Diagramm lehrt, daß nur etwa 28% der dem Vorwärmer zugeführten Wärmeenergie von der Heißluft in den Kessel eingebracht werden, ob-

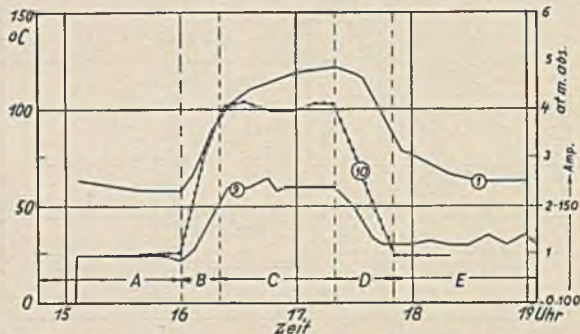


Abb. 815. Zur Arbeit des Kompressors

- (9) . . . Stromverbrauch (Amp.)
 (10) . . . Luftdruck im Kessel (ata)
 (1) . . . Lufttemperatur beim Austritt aus dem Kompressor ($^{\circ}\text{C}$)

wohl die in ihm eingebaute Heizfläche etwa die gleiche war wie die im Kessel. Das Diagramm zeigt ferner, daß die Wärme der Heißluft (mit 54 000 kcal.) nur rund 14,5% des gesamten Wärmebedarfes des Kessels deckt.

Die Verteilung der im Verlauf der Gesamtarbeit des Kessels zugeführten und verbrauchten Wärme nach einzelnen Perioden ist in Abb. 817 dargestellt. Aus diesem Schaubild geht noch einmal in aller Deutlichkeit hervor, daß den Hauptanteil an der Erwärmung der Beschickung die im Kessel angeordneten Rohrschlangen haben. Die Wärme, die von der Luft aus dem Vorwärmer mitgebracht wird, spielt nur eine ganz untergeordnete Rolle. Eine gewisse Bedeutung kommt der in der Periode B der Drucksteigerung auftretenden Kompressionsarbeit bzw. deren Wärmeäquivalent zu. Die Verluste nach außen hin sind relativ gering.

Ferner lehrt die Abb. 817, in der die Ordinaten den mittleren stündlichen Wärmeverbrauch in 1000 kcal./Std. bedeuten, daß der Wärmeverbrauch in den einzelnen Vulkanisationsperioden verschieden ist. Und zwar ist er am größten in der Periode A der Anfangsdurchblasung und

⁴⁵ Wenn man durch Anwendung hinreichend hoher Strömungsgeschwindigkeiten die Wärmeverluste in den Rohrleitungen gering hält.

^{45a} Die eingekreisten Zahlen bedeuten Prozente der insgesamt eingeströmten Wärme (509 000 kcal.). Die gewöhnlichen Zahlen sind in 1000 kcal.

ist je ein Rohr (2) von etwa 20 cm lichter Weite angeordnet. Durch je fünf Stützen mit einstellbaren Ventilkappen (5) sind diese Rohre mit dem Kessel verbunden. Die Umwälzung wird nun in der Weise durchgeführt, daß man durch die oberen Stützen und das obere Sammelrohr die im Kessel enthaltene Druckluft absaugt und durch die unteren Stützen wie-

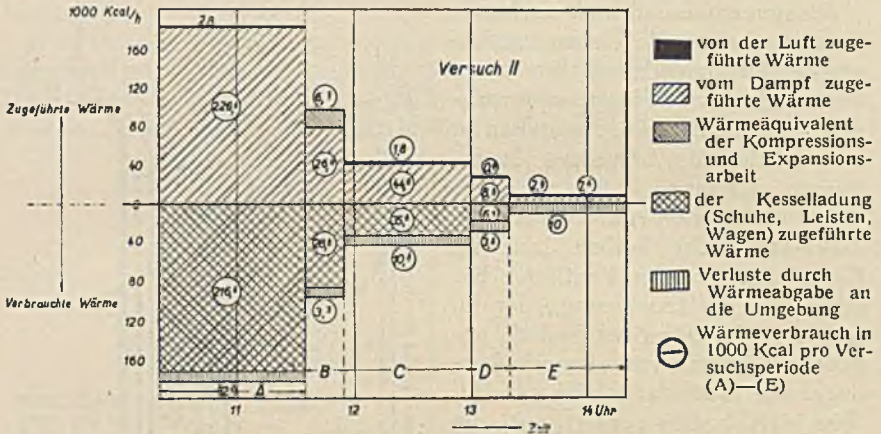


Abb. 817. Wärmebilanz eines Vulkanisierkessels (nach einzelnen Vulkanisationsperioden)

der hineindrückt. Hierzu dient der außen am Kessel angeordnete kleine Ventilator (3), der so bemessen ist (6-PS-Motor), daß er den gesamten Kesselinhalt stündlich etwa 40mal umwälzen kann, während der Vorwärmer (4), der bis zu 25% der im Kessel (am Boden und an den Seitenwänden) eingebauten Heizoberflächen aufnehmen kann, die auf diesem

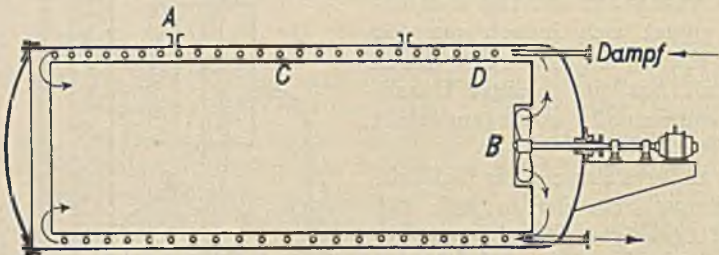


Abb. 818. Vulkanisationskessel mit innerer Luftumwälzung (C. Engelke, Hannover)

Wege entstandenen Wärmeverluste wieder ausgleicht. Versuche von Amende⁴⁶ an einem Kessel obengenannter Abmessungen (Fassungsvermögen 1176 Paar Schuhe) haben gezeigt, daß bei einem konstanten Dampfdruck von 95 lbs./sq. in. in den Boden- und Seitenrohrschlangen der Dampfverbrauch für eine 2-Stunden-Vulkanisation bei maximal

⁴⁶ Trans. I. R. I. 4 (1928) S. 170—180

129° C, etwa 660 lbs. betrug. Der Luftdruck im Kessel war 2,18 kg/cm². Die Wärme verteilte sich bei diesen Versuchen wie folgt:

Schuhe	10%
Aluminiumleisten	27%
Stahlstangen	8%
Wagen	21%
Preßluft	4%
Wärmeverluste beim Beladen des Kessels	14%
Verluste durch Wärmeabgabe an die Umgebung	16%
	100%

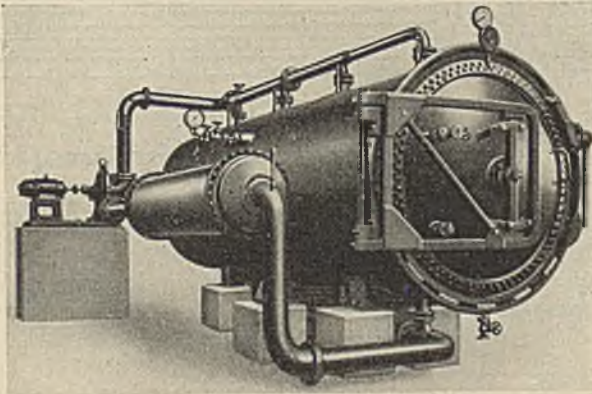


Abb. 819. Vulkanisationskessel mit äußerer Luftumwälzung (C. Engelke, Hannover)

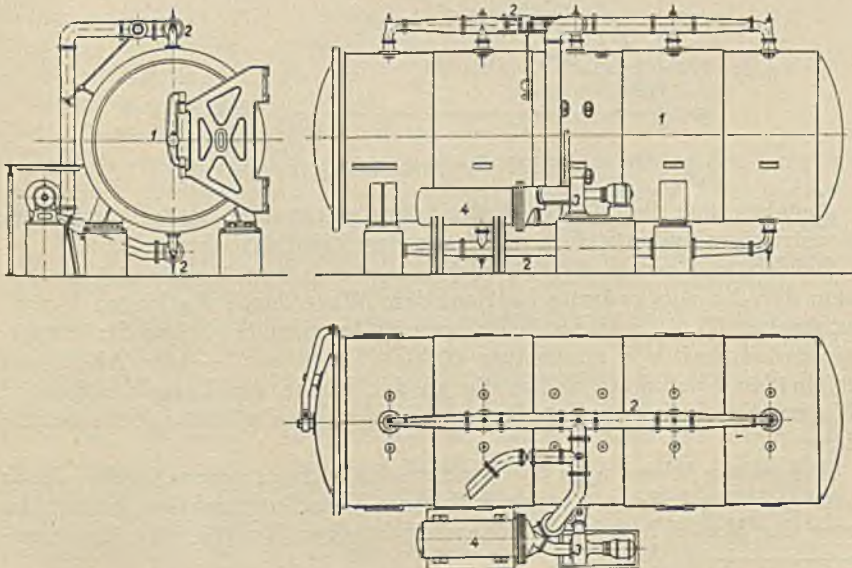


Abb. 820. Vulkanisationskessel mit äußerer Luftumwälzung (System F. Amende)

Von A m e n d e ist auch ein interessantes Beispiel dafür gegeben worden, wie die Anwendung von Druckluft und Umwälzung sich verkürzend auf die Temperatursteigungszeit auswirken (Abb. 822). A m e n d e stellte die Zeit fest, die man benötigte, um die Beschickung seines Kessels auf

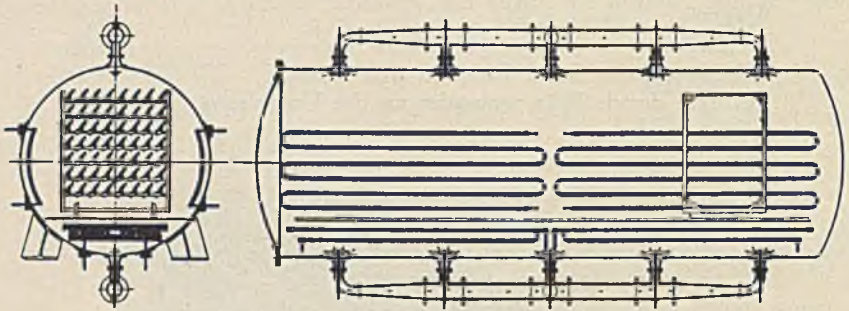


Abb. 821. Vulkanisationskessel mit äußerer Umwälzung (Schnitt)
(System F. Amende)

266° F zu bringen: bei Atmosphärendruck (1), bei 3 kg/cm² Luftdruck im Kessellinnern (2) und bei gleichem Druck mit eingeschalteter Umwälzung (3). Kurve (4) veranschaulicht noch die Wirkung des kleinen Vorwärmers auf die Temperatursteigerung bei umgewälzter Druckluft.

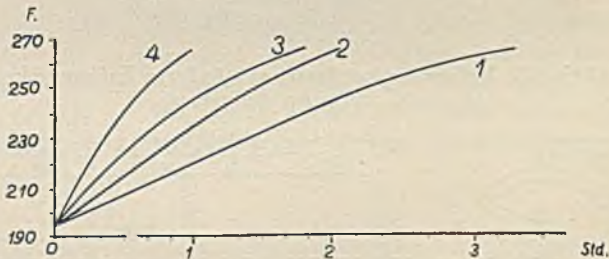


Abb. 822. Temperatursteigerung

Angaben über die Gleichmäßigkeit der Temperaturverteilung bei dieser Konstruktion finden sich in der genannten Veröffentlichung nicht.

Bei langen Kesseln dieser Art dürfte es sich jedoch ungünstig auswirken, daß die vorgewärmte Luft auf dem Wege durch die langen Verteilungsrohre (2) — trotz der in Anwendung kommenden hohen Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 40 bis 45 c. ft./sec. — eine Abkühlung erfährt, und auf diese Weise die an den Enden des Kessels stehenden Wagen stets etwas niedriger temperiert sind als die in der Mitte befindlichen.

Auf andere Weise wird das Problem des Temperatenausgleiches durch eine von T a l a l a y⁴⁷ vorgeschlagene Kesselkonstruktion gelöst, die noch den Vorteil hat, keine Nebeneinrichtungen (Ventilatoren, Zwischen-

⁴⁷ E. P. 109 906, F. P. 485 544 und loc. cit. S. 1041

vorwärmung) zu benötigen. Der Konstruktion liegt einmal die Erkenntnis zugrunde, daß die Wärme sowohl durch Leitung als auch durch Strahlung der Beschickung zugeführt wird, und daß man ferner bei geeigneter Anordnung von Einströmungsdüsen, die die Luft mit hoher Geschwindigkeit in den Kessel blasen, eine vollkommen ausreichende Luftumwälzung erreichen kann. In Abb. 823 ist ein derartiger Kessel im Schnitt dargestellt. Und zwar handelt es sich in Abb. 823 um einen Kessel von 16 m Länge und 2,8 m inneren Durchmesser, der am Boden und an den Seitenwänden Rohrschlangen von insgesamt 165 qm Heizoberfläche trägt.

Entsprechend dem verschiedenartigen Mechanismus des Wärmeüberganges von den Rohrschlangen auf die Beschickung sind die Seitenschlangen in zwei Gruppen eingeteilt, die in Abb. 823 mit A und B₁ bis B₄ bezeichnet sind. Die Rohre der Gruppe A, d. h. der innersten dem Wagen zugekehrten Schlangenreihe, vermitteln den Gummischuhen die Wärme im wesentlichen unmittelbar durch Strahlung, während die Rohre der Gruppe B die Beschickung hauptsächlich durch Wärmeleitung unter Mitwirkung der Luft erwärmen. Die beiden Gruppen sind mit getrennten Ventilen und Kondensstöpfen ausgerüstet und arbeiten vollständig unabhängig voneinander. Bei Benutzung automatischer Vulkanisationsregler (siehe unten), ist es notwendig und möglich, sie

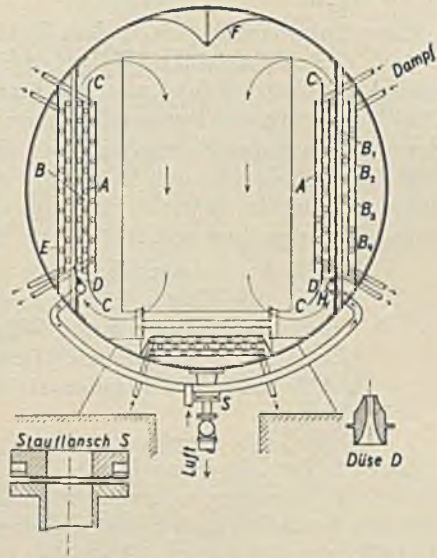


Abb. 823. Vulkanisationskessel mit Heißluftumwälzung (System J. Talalay)

getrennt zu regeln. Zur Abschirmung der Strahlungswirkung der Gruppe B sind die beiden Gruppen außerdem durch Eisenbleche C voneinander getrennt, die gegebenenfalls mit Asbestpappe verkleidet werden können.

Zur Erzielung einer gleichmäßigen Temperatur im gesamten Kesselinnern sind bei diesem Kessel nachfolgende Vorkehrungen getroffen:

a) Eine lebhafte und gleichmäßige Luftzirkulation wird dadurch erreicht, daß man die aus dem Kompressor kommende Luft in zwei Rohre (H) leitet, die den Kessel im Innern der Länge nach durchziehen. Aus diesen Rohren H läßt man die Luft durch Düsen (D) mit großer Geschwindigkeit (bis 100 m/sek.) in Richtung der Heizschlangen der Gruppe B heraustreten. Die Luft strömt, wie durch Pfeile in Abb. 823 angedeutet, zunächst zwischen den Blechen C und E, wo sie sich an den Rohrschlangen B₁ bis B₄ auf die erforderliche Temperatur erwärmt, sodann durch das Schirmblech F gelenkt an den Gummischuhen vorbei, um schließlich bei S zusammen mit den Terpentinämpfen usw. den Kessel zum größte-

ren Teil zu verlassen. Ein Teil der Luft wird von dem hinter den Düsen entstehenden Vakuum wieder angesaugt und vermischt sich mit der Frischluft. Die gleichmäßige Verteilung der Düsen über die Länge des ganzen Kessels sowie die hohe Strömungsgeschwindigkeit der Luft gewährleisten eine energische Zirkulation.

b) Da außer einer lebhaften Luftumwälzung auch die gleichmäßige Entfernung der Luft für die Temperaturkonstanz im Kessel von Belang ist, sind in die Auslaßstutzen Staufflansche S eingebaut, die es auch ermöglichen, den Luftaustritt durch ein einziges in der Mitte befindliches Ventil zu regeln.

Eine Untersuchung nach dem beschriebenen Prinzip gebauter Kessel ergab, daß die Gleichmäßigkeit der Temperaturverteilung im Kesselinnern in Längsrichtung wie im Querschnitt sehr zufriedenstellend war. Die Temperaturschwankungen überstiegen nicht 2° C. Der Betriebsdampfdruck in den Rohrschlangen konnte auf 4,5 at. abs. gesenkt werden, und der Dampfverbrauch betrug nur etwa 0,3 kg pro Paar Gummischuhe. Die verbrauchte Wärme verteilte sich auf die einzelnen Verbrauchs- bzw. Verlustquellen wie folgt:

14,0%	auf Gummischuhe,
46,8%	auf Wagen, Stangen und Leisten,
9,2%	auf Verluste durch Wärmeabgabe an die Umgebung,
17,2%	auf Verluste durch fortströmende Heißluft,
12,8%	auf durch Kondensat fortgeführte Wärme.

100,0%

Das Problem, in einem Kessel von beliebigen Dimensionen eine gleichmäßige Temperatur zu erreichen und zu erhalten, scheint durch die vorstehend beschriebenen Konstruktionen weitgehend gelöst. Die Wahl der Kesseldimension selbst richtet sich nach den Erfordernissen der jeweiligen Produktionsstätte.⁴⁸

In Verbindung mit der in steigendem Maße beim Konfektionieren der Schuhe in Anwendung kommenden Fließfertigung erscheint die Schaffung einer kontinuierlich oder zumindest fast kontinuierlich arbeitenden Vulkanisationsanlage erstrebenswert. Während der (z. B. im A. P. 1 829 018, 1 862 025 und a. a. O.) gemachte Vorschlag kleiner Vulkanisationseinheiten — von der Art der Watchcases im Reifenbau — dem Verfasser wegen der dabei auftretenden hohen Lohn- und Wärmeverluste, Investierungen usw. nicht annehmbar erscheint, verdienen einige in Rußland gemachte Vorschläge⁴⁹ Beachtung.

Automatische Regelung der Vulkanisation. Die Regelung des Vulkanisationsprozesses ist von primärer Wichtigkeit. Es sind zu diesem Zwecke

⁴⁸ In Rußland z. B., wo die Gummischuhtypen in Massenproduktion hergestellt werden, benutzt man Kessel, die bis zu 4000 Schuhe aufnehmen, während andererseits bei so differenzierter Erzeugung, wie sie in den Vereinigten Staaten sich findet, häufig Kessel von nur 1200 bis 1600 Schuhen Fassungsvermögen im Gebrauch sind.

⁴⁹ J. R. I., Moskau, 5 (1931) Nr. 1

sinnreiche Einrichtungen erdacht worden, von denen im folgenden zwei, eine thermopneumatische und eine rein elektrische beschrieben werden sollen.

a) *Thermopneumatische Regelung*

Abb. 824 zeigt eine komplette Einrichtung zur automatischen Regelung und Registrierung der Lufttemperatur und des Luftdruckes in einem

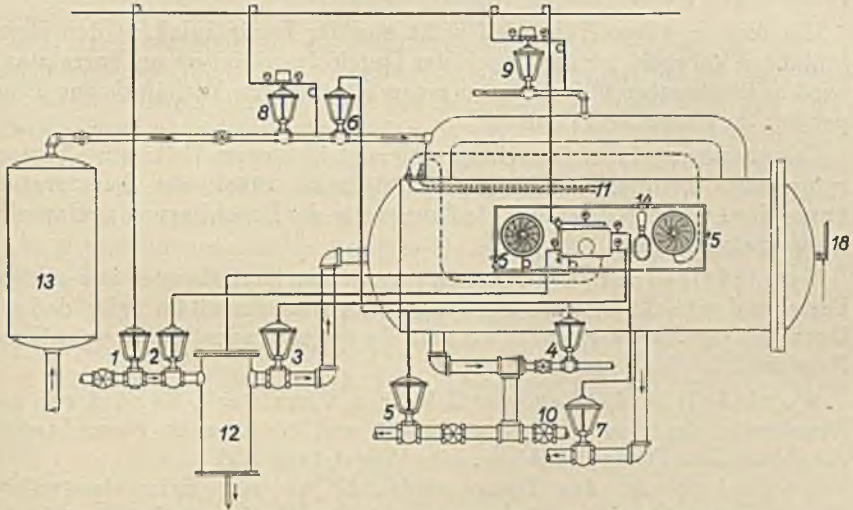


Abb. 824. Automatische Vulkanisationsregelung (TAG-System)

Kessel nach dem bekannten TAG-System (C. J. Tagliabue Mfg. Co., Brooklyn, N. Y.). Bei diesem System liegt ein Fühlfinger mit temperaturempfindlicher Flüssigkeit an der Meßstelle im Kessel. Die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Flüssigkeit wirkt durch Hebelübertragung auf ein Relais, das in einer Druckluftleitung liegt und auf diese Weise in Abhängigkeit von der Temperatur an der Meßstelle einen Luftstrom mehr oder weniger drosselt. Die Druckluft betätigt — dadurch, daß sie eine Membran durchbiegt — die Spindel eines Ventils (motor-valve), das in der Dampfzuleitung liegt. In Abhängigkeit von der Temperatur an der Meßstelle wird also der Druck in der Luftzuleitung und hierdurch wieder ein Ventil automatisch gesteuert und der Dampfstrom geregelt. Und zwar gibt es direct-acting-Ventile, die mit steigendem Druck in der Luftleitung sich öffnen, und reverse-acting, die sich mit steigendem Luftdruck schließen. Ebenso gibt es direct- und reverse-acting-Relais; die ersteren lassen bei Ausdehnung der temperaturempfindlichen Flüssigkeit einen größeren Druck auf die Ventile wirken, die letzteren einen kleineren.

Das Gerät kann auf konstante Temperatur einregulieren oder — nach einer Steuerschablone — jedes beliebige Temperaturprogramm an der Meßstelle durchführen.

Nach Bedarf wird durch die Ventile ein Dampf-, Wasser-, Luft- oder Kondensatstrom geregelt.

Eine Besonderheit der in Abb. 824 gezeigten Installation ist der Dampf-vorratstank (12). Er ist vorgesehen, um eine Irregularität auszugleichen, die in großen Heißluftvulkanisierkesseln in Form einer Temperaturspitze am Ende der Steigungszeit aufzutreten pflegt. Während der Steigungszeit sind die Heizschlangen mit Dampf gefüllt, und wenn der Regler nach beendigter Steigung das Dampfzulaßventil schließt, wirkt die Hitze in den Heizschlangen noch etwas nach.

Um dies zu vermeiden, wird nicht nur der Dampfzulaß zu den Heizschlangen geregelt, sondern auch der Druck des Dampfes im Vorratstank wird in bestimmter Weise und in einem bestimmten Verhältnis zur Temperatur im Kessel aufgebaut.

Temperaturregelung. Der Hauptregler ist in diesem Falle ein »Temperatur-Druck-Zeitregler«. Die Temperaturseite regelt die Temperaturkurve der Luft im Kessel und die Druckseite die Druckkurve des Dampfes im Vorratstank (12).

Ventil (1) ist nur als Sicherung vorgesehen, hat daher reverse-acting-Form, und schließt automatisch den ganzen Dampfzulaß im Falle daß die Druckluft für die Instrumente versagt. Es hat aber sonst keine eigentliche Regelfunktion im Prozeß.

Ventil (2) ist das Regelventil für den Vorratstank. Es wird von der Druckseite des Hauptreglers gesteuert und regelt nach einer Steuerschablone eine Dampfdruckkurve im Vorratstank (12).

Ventil (3) ist das Dampfzulaßventil für die Heizschlangen im Kessel. Es wird von der Temperaturseite des Reglers bedient und stellt nach einer zweiten Steuerschablone die Lufttemperaturkurve im Kessel ein.

Ventil (4) ist ein Nadelventil und ist so einkorrigiert, daß der Kondensauslaß ohne Verlust an Dampf automatisch geregelt wird.

Ventil (5) ist das Auslaßventil der Heizschlangen. Es kann — wenn dies gewünscht ist — dazu dienen, nach beendigter Vulkanisation den Dampf aus den Rohrschlangen automatisch abzublasen.

Die Fühlfinger (11) sind im oberen Teil des Kessels angeordnet und so lang, daß sie wenigstens über die halbe Kessellänge reichen. Zum Schutz gegen die Vulkanisationsgase sind sie bleiüberzogen. Die Fühlfinger sind als Kapillarrohre ausgebildet und reagieren auf die höchste an irgendeiner Stelle auf sie einwirkende Temperatur. Sie verhindern hierdurch eine Überhitzung im Kessel.

Druckregelung. Aus dem Kompressor kommt die Luft in einen Windkessel (13) von 100 lbs. Inhalt. Der Lufteinlaß in den Kessel wird von dem Ventil (6) kontrolliert, den Auslaß besorgt das Ventil (7). Beide Ventile sind zusammen mit dem oben erwähnten Entleerventil für die Dampfschlangen (5) an die gleiche Blow-off-Einrichtung des Reglers angeschlossen. Nur haben sie verschiedenen Wirkungssinn: Beim Starten des Reglers schließen sich die direct-acting-Ventile (5 und 7) und es öffnet sich das reverse-acting (6). Umgekehrt am Ende des Prozesses. Gleichzeitig leuchtet die Signallampe (14) auf.

Der Luftdruck im Kessel wird von den Ventilen (8) und (9) überwacht.

Ventil (8) trägt oben einen direct-acting-Druckregler. Dies stets arbeitsbereite Aggregat läßt, nachdem der Hauptregler das Sperrventil (6) geöffnet hat, Druckluft in den Kessel, bis der gewünschte Druck im Kesselinnern erreicht ist. Es öffnet sich sofort wieder, wenn der Luftdruck im Kessel durch irgendwelche Umstände unter den Setzpunkt fallen will.

Ventil (9) trägt oben ein reverse-acting-Druckregler, der automatisch jeden sich entwickelnden Überdruck abläßt.

Auf der Zeichnung ist ein Prozeßschreiber (15) vorgesehen, der die Lufttemperatur im Kessel registriert. Zweckmäßig ist ein kombinierter Temperatur-Druckschreiber, der auf dem gleichen Blatt auch den Luftdruckverlauf im Kessel aufzeichnet. Wenn gewünscht, kann auch noch die Dampfdruckkurve im Vorrattank (12) registriert werden, entweder — wie gezeichnet — durch ein separates Instrument (16) oder durch einen Dreifederschreiber, der alle Kurven auf einer Karte aufzeichnet.

An verschiedenen Stellen des Kessels sind zur Kontrolle Quecksilber-Winkelthermometer (18) angebracht.

b) Elektrische Regelung

Ein rein elektrisches Prinzip liegt dem Vulkanisationsregler der Siemens & Halske A. - G., Berlin-Siemensstadt, zugrunde.⁵⁰ In Ab-

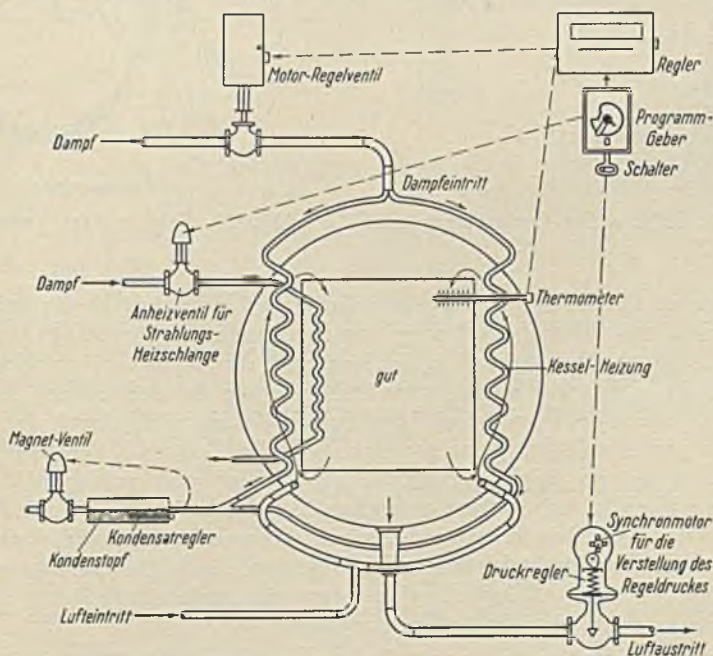


Abb. 825. Elektrische Programmreglung von Temperatur und Druck (Siemens & Halske) an einem Vulkanisierkessel für Gummischuhe nach J. Talalay

⁵⁰ Vgl. z. B.: C. Himmler, Siemens-Z. 12 (1932) S. 97 und Kautschuk 8 (1932) S. 44

bildung 825 ist das Schema einer Programmregelung von Temperatur und Druck nach diesem Prinzip an einem (stark schematisiert gezeichneten) Vulkanisierkessel für Gummischuhe (System J. T a l a l a y) gezeigt.

Zur Erzielung des gewünschten Temperatur-Zeitverlaufes wird ein sogen. Fallbügel-Temperaturregler (Abb. 826) mit einem Programmgeber (Abb. 827) elektrisch gekuppelt.

Die Wirkungsweise des Reglers ist die folgende: Im Kessel ist ein elektrisches Widerstandsthermometer eingebaut. In Abhängigkeit von der

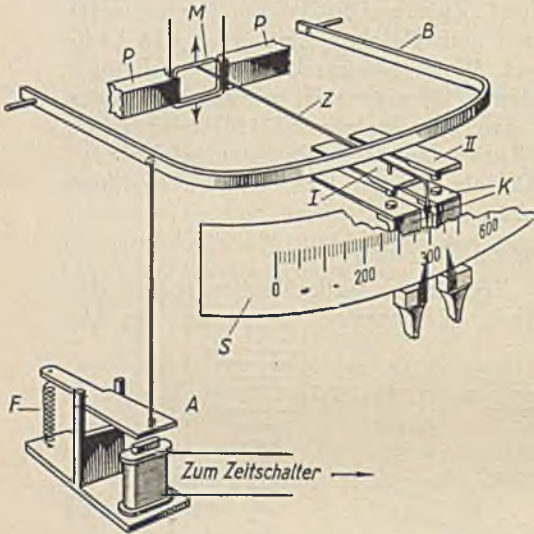


Abb. 826. Prinzip des Temperaturreglers

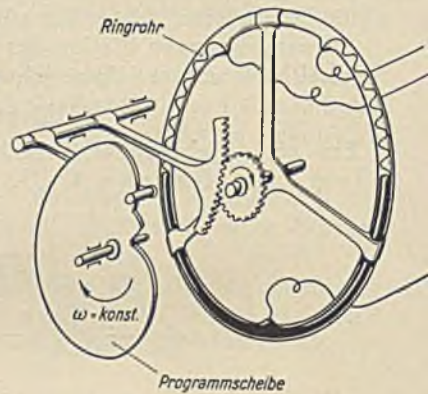


Abb. 827. Prinzip des Programmgebers

Temperatur an der Meßstelle fließt durch ein Meßwerk M ein größerer oder kleinerer Strom, der einen entsprechenden Ausschlag des Zeigers Z bedingt. Der Ausschlag ist begrenzt durch die beiden Kontaktarme K, die gleich weit nach rechts und links von der Sollstellung des Zeigers sich befinden. In regelmäßigen Zeitabständen wird durch den Zeitschalter und den Bügel B das vordere Ende des Zeigers Z herabgedrückt. Weicht in einem solchen Moment der Zeiger von seiner Mittellage zwischen K ab, so schließt er entweder über I oder über II einen Stromkreis. Hierdurch können beliebige, in dem Stromkreis liegende, elektrisch angetriebene Steuereinrichtungen betätigt und die Solltemperatur wieder hergestellt werden. Beispielsweise kann ein motorgetriebenes Dampfventil mehr oder weniger geöffnet werden.

Der mit dem Regler gekuppelte Programmgeber (Abb. 827) hat die Aufgabe, die Solltemperatur dem Programm entsprechend zu ändern. Dies geschieht jedoch nicht durch Verstellung der Kontaktarme K, sondern auf elektrische Weise. Eine mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotierende Kurvenscheibe verstellt über einen Hebel einen Ringrohrwider-

stand ⁵¹ in Abhängigkeit von der Zeit. Hierdurch wird der Nullzweig einer Wheatstoneschen Brücke (Abb. 828) verschoben. In dem Thermometerkreis des Reglers entsteht eine zweite Spannung (E_2). Diese Spannung wird so variiert, daß sie stets mit der Thermospannung der jeweiligen Solltemperatur (E_1) einen konstanten Summenwert (E_0) gibt (Abbildung 829). Der Regler hält die Summe E_0 zweier Spannungen E_1 und E_2 konstant, deren eine die Thermospannung der Solltemperatur ist, die andere vom Programmgeber erzeugt wird.^{51a}

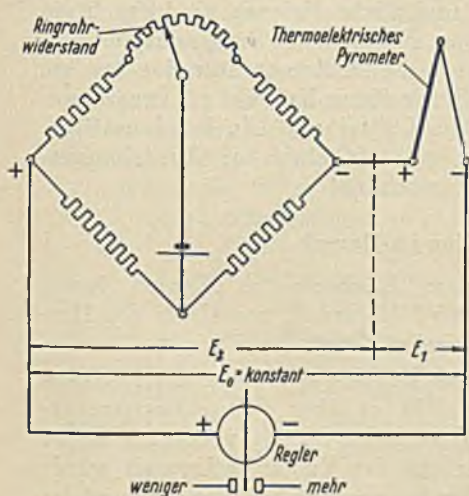


Abb. 828. Prinzipschaltbild für die Regelung mit dem Programmgeber

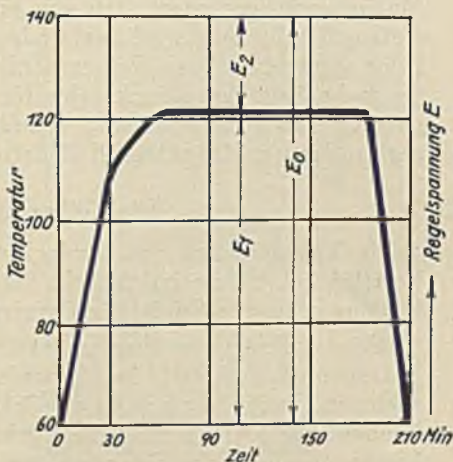


Abb. 829. Der Regler hält die Summe zweier Spannungen konstant

Die Kontaktströme von I und II (Abb. 826) regeln die Einströmung des Dampfes mit Hilfe eines motorgetriebenen Regelventils. In eine Kuppelungsscheibe der Ventilspindel greift eine Antriebswelle ein. Diese wird in den Perioden, in denen der Fallbügel herabgedrückt und ein Kontakt geschlossen ist, über ein Getriebe durch einen Universalmotor bewegt. Die Feldmagnete des Motors tragen eine zweifache Wicklung, wodurch erreicht wird, daß die Drehrichtung des Motors durch einpoliges Umschalten geändert werden kann.⁵²

⁵¹ Die untere Hälfte des Ringrohres ist mit Quecksilber gefüllt. Beim Verdrehen des Rohres wird das Verhältnis der beiden als Spiralen gezeichneten Widerstände verändert.

^{51a} Dies gilt für den Fall, daß (wie in Abb. 828) ein Thermoelement an der Meßstelle liegt. Befindet sich stattdessen an der Meßstelle ein Widerstandsthermometer, so handelt es sich nicht mehr um Thermospannungen, sondern um Spannungsabfälle im Thermometer.

⁵² Der Ausgleich der Temperatur im Kessel braucht jedesmal eine gewisse Zeit. Die Eigentümlichkeit dieses elektrischen Regelsystems besteht nun darin, daß es intermittierend arbeitet. Das heißt, daß beim Abweichen von der Solltemperatur das Motorventil nur in den Perioden verstellt wird, in denen der Fallbügel B durch den Zeitschalter nach unten gedrückt ist. Während der sodann regelmäßig folgenden Perioden, in denen der Fallbügel

Soll eine Zu- oder Ableitung in der Vulkanisationseinrichtung nicht geregelt, sondern zu einem bestimmten Zeitpunkt geöffnet und zu einem anderen geschlossen werden, so kann man hierzu Magnetventile verwenden, die durch Kontakte am Programmgeber ausgelöst werden.

In der Installation der Abb. 825 wird die Kesselheizung (Rohrschlangen der Gruppe B; siehe oben) auf Grund der Angaben eines Widerstandsthermometers in der Weise geregelt, daß ein Motor-Regelventil die Dampfzufuhr mehr oder weniger freigibt. Die durch die Strahlungsheizschlangen (Gruppe A)⁵³ veranlaßte zusätzliche Heizung wird durch ein Magnetventil gesteuert, daß von einem Kontakt am Programmgeber zu Anfang des Prozesses geöffnet und, wenn die Lufttemperatur eine gewisse Höhe erreicht hat, geschlossen wird. Ein weiterer Kontakt am Programmgeber betätigt den Druckregler für die Luftleitung. Die Kondensattemperatur bzw. den Kondensatabfluß regelt ein einfacher Ausdehnungsregler, der ein Magnetventil öffnet oder schließt.

Die Vulkanisation im Dampf

Die Vulkanisation von unlackiertem Schuhwerk in offenem Dampf bereitet keine Schwierigkeiten. Sie wird vielerorts, zumal bei der Herstellung schwerer Stiefel für Berufszwecke, geübt.

Die — selbst gegenüber umgewälzter Druckluft — wesentlich bessere Wärmedurchlässigkeit des Dampfes läßt es aber wünschenswert erscheinen, auch lackiertes Schuhwerk im Dampf vulkanisieren zu können. Die hierbei mögliche Verkürzung der Vulkanisationszeit würde bessere mechanische Eigenschaften der Schuhe ergeben, die Leistung der Kessel würde steigen und der ganze Vulkanisationsprozeß wirtschaftlicher werden. Darüber hinaus wäre es leichter, Temperaturuniformität im Kesselinneren zu erzielen.

Die Schwierigkeit, die hierbei zu überwinden ist, ist eigentlich ein Lackproblem. Schon an entsprechender Stelle wiesen wir darauf hin, daß die Anwesenheit von Feuchtigkeit im Vulkanisationsraum einen schädlichen Einfluß auf die Lackschicht ausübt, sowohl in bezug auf die Veränderung ihrer Farbe (z. B. das Auftreten eines Silberglanzes bei bleiglättehaltigen Oberblättern), als auch in bezug auf die Verminderung der Elastizität und der Festigkeit des Faktislackes. Zudem kann es vorkommen, daß die noch flüssige Lackschicht von dem strömenden Dampf heruntergewaschen wird.

Die Lösung des Problems kann nach zwei Richtungen in Angriff genommen werden:

1. Es kann versucht werden, den Faktislack durch einen anderen zu ersetzen, der schneller sich verfestigt und unempfindlich gegen Feuchtigkeit im Vulkanisationsraum ist.^{54a}

oben ist, hat die Temperatur im Kessel Gelegenheit sich auszugleichen bzw. die Regelung sich auszuwirken. Eine Überregelung wird hierdurch vermieden.

⁵³ Der Übersichtlichkeit halber ist nur links die Gruppe A eingezeichnet, desgleichen sind die verschiedenen Schutz- und Führungsbleche fortgelassen.

^{54a} Solche elastische Lacke sind z. B. auf Chlorkautschukbasis hergestellt worden.

2. Ein anderer Weg, der zwar einen Kompromiß darstellt, aber zur Zeit am interessantesten erscheint, besteht in folgendem:

Man erwärmt die Beschickung in umgewälzter Druckluft auf eine so hohe Temperatur, daß keine Kondensation des Dampfes an den Schuhen oder Leisten mehr stattfinden kann. Dann verdrängt man in steigendem Maße die Druckluft durch (gleichfalls unter Druck stehenden) trockenen Wasserdampf und vollendet die Vulkanisation in der Atmosphäre von trockenem Dampf.

Eingehende Versuche mit dieser »gemischten« Vulkanisationsart wurden im verflossenen Jahre auf der russischen Schuhfabrik »Roter Bogatyr« an Kesseln vom System J. T a l a l a y (vgl. Abb. 823) unternommen.^{54b} Das Schwierigste war es, bei diesen Versuchen^{54c}, den Zeitpunkt bzw. die Temperatur der Beschickung zu ermitteln, bei der der Lack schon soweit verfestigt und oxydiert ist, daß die Dampfverhinderung keine schädliche Wirkung auf ihn mehr ausüben kann. Nach mehreren Versuchen bildete sich das in Abb. 830 wiedergegebene Regim aus:

Nachdem der Kessel geschlossen ist, wird möglichst rasch (in etwa 15 bis 20 Minuten) der Luftdruck in seinem Inneren auf 2 atü gebracht. Nach 60 Minuten Vulkanisation, wenn die Beschickung eine Temperatur von 120° C erreicht hat (während die Registrierthermometer rund 130° C anzeigen) beginnt man mit dem Einblasen des Dampfes.

Der Dampf wird zum Kessel mit einem Druck von 6 atü zugeführt. Unmittelbar vor dem Kessel wird er auf 2,5 bis 3 atü reduziert, wodurch eine Überhitzung stattfindet. Dieser Dampf wird durch die Rohre H und die Düsen D (Abb. 823) in den Kessel geblasen, wo er mit großer Geschwindigkeit an den Rohren der Gruppe B vorbeiströmt. — Beim Ver-

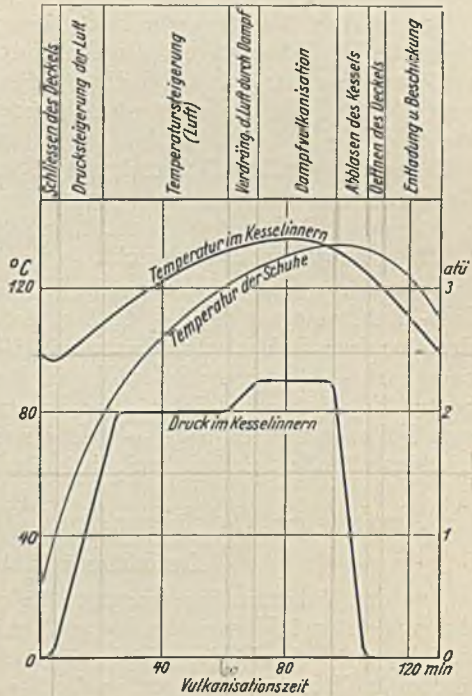


Abb. 830. „Gemischte“ Vulkanisation, Diagramm f. bleiglattefreie Mischungen

^{54b} Wie weiter unten gezeigt wird, erweisen sich die Kessel des genannten Systems für die Arbeit mit trockenem Dampf als besonders geeignet, da bei ihnen eine rasche und sichere Überhitzung des Dampfes im Kessel selbst nochmals erfolgen kann.

^{54c} J. R. I., Moskau, 9 (1933) Nr. 1

lassen der Düsen wird der Dampf nochmals expandiert und getrocknet, während beim Vorbeistreichen an den Rohrschlangen, in denen ein Dampfdruck von 6 atü herrscht, die Trocknung vollendet und der Dampf auf die erforderliche Temperatur gebracht wird.

Dann kommt der eingblasene Dampf in Berührung mit den oben hängenden Schuhen, vermischt sich mit der Druckluft und wird teilweise zusammen mit ihr durch die Saugwirkung hinter den Düsen mitgenommen, während er teilweise durch die Stauflansche S, mit Druckluft vermischt, den Kessel verläßt.

Das in Abb. 830 gezeigte Diagramm gilt für organisch beschleunigte, bleiglättefreie Mischungen, die denen des Diagramms 809 (siehe S. 1041) vollkommen analog sind. Da die Schuhe in beiden Fällen auch etwa bis zum gleichen Vulkanisationsgrad ausgeheizt wurden, ist ein unmittelbarer Vergleich dieser beiden Diagramme möglich. Man ersieht daraus, daß man gegenüber 3 Stunden 10 Minuten, die die Vulkanisation in Druckluft dauert, bei der »gemischten« Arbeitsweise nur noch etwa 2 Stunden 10 Minuten braucht, was einer um etwa 46% höheren Leistung des Kessels entspricht.

Versuche an »gemischten« Vulkanisationen mit verschieden langer Luft- und Dampfperiode^{54d} ergeben, daß die mechanischen Eigenschaften der einzelnen Schuhteile, ebenso wie die Bindung zwischen ihnen um so besser ist, je kürzer die Luftphase im Verhältnis zur Dampfphase ist. Die besten Ergebnisse wurden bei reiner Dampf-vulkanisation erzielt. In diesem Falle gelingt es aber — wie eingangs erwähnt — nicht, eine zufriedenstellende Faktislackschicht zu erhalten.

G. Ausleisten, Sortieren und Versand der Gummischuhe

Ausleisterei (Abb. 776, 18)

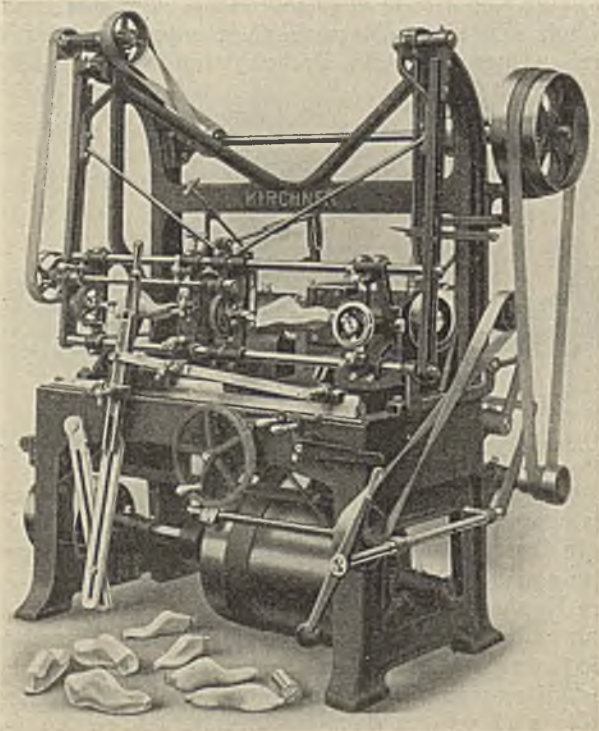
Aus der Vulkanisation kommen die mit Schuhen gefüllten Wagen in die Ausleisterei. Hier sind auf etwa 1 m hohen Tischen Ständer befestigt, von der Art, wie sie sich auf den Arbeitsplätzen des Konfektioniersaales finden. In diese Ständer werden die Stangen mit den Leisten und den in zwischen abgekühlten Schuhen eingesetzt, und der Arbeiter nimmt mittels einer Art Schuhanziehers — der wie ein Hebel wirkt — die Schuhe von den Leisten. Dies muß mit großer Sorgfalt ausgeführt werden, da die Schuhe häufig sehr fest an den Leisten haften und leicht beim Abnehmen zerrissen werden können. Zum Ausleisten hoher Stiefel, die, zumal bei Vulkanisation in Druckluft, sehr fest auf den Leisten haften, sind auch Maschinen gebaut worden. A. P. 1 745 827 (vom 4. Februar 1930) sieht z. B. das Ausleisten von Stiefeln mittels Druckluft vor. Außerdem verwendet man bei der Herstellung hoher Stiefel zwei- oder mehrteilige auseinandernehmbare Leisten.

Während nun die abgezogenen Schuhe durch Transporteinrichtungen dem Sortiersaal zugeführt werden, gehen die Leisten, Stangen und Wagen nach dem Leistenlager zurück.

^{54d} J. R. I., Moskau, 9 (1933) Nr. 3

Leistenlager (Abb. 776, 19)

Im Leistenlager fahren die Wagen an mit zahlreichen Fächern ausgestattete Regale heran, in die die Leisten nach Form und Größe — die rechten und die linken gesondert — sorgfältig eingeordnet werden. Die Fächer sind halb verschlagen, um ein Herausfallen der Leisten zu verhindern. Sie sind aus Profileisen konstruiert oder aus starkem Holz mit kräftigen Brettern, da sie ein beträchtliches Gewicht tragen müssen.



*Abb. 831. OMA-Leistenkopiermaschine
(Kirchner & Co. A.-G., Leipzig)*

Man verwandte früher Leisten aus leichtem Holz (Ahorn oder Buche). Diese Leisten hatten den Vorteil großer Leichtigkeit, was bei großen Schuhtypen, wie z. B. bei Überschuhen u. a., wichtig ist. Sie waren ferner schnell in großer Menge herzustellen. Die Holzleisten hatten aber eine Reihe wesentlicher Nachteile. Sie nutzten sich schnell ab, verkohlten leicht in der Vulkanisation, und obwohl nur sorgfältig getrocknetes Holz für ihre Herstellung Verwendung fand, wurden sie häufig rissig, wobei die Splitter sich unter die Gummiabfälle mischten. Darüber hinaus waren sie schlechte Wärmeleiter. Holzleisten wurden daher schon frühzeitig durch metallische Leisten ersetzt. Bei dem häufigen Wechsel der Mode und der dadurch verursachten Aufnahme neuer Fassons in die Fabrikation,

wobei es sich oft nur um sehr kleine Teile der täglichen Produktion handelt, ist indessen auch heute noch der Holzleisten in Gebrauch. Für seine Massenherstellung kann eine Leistenkopiermaschine (Abb. 831) Verwendung finden, die in sinnreicher Weise nach einem Modelleisten eine beliebige Anzahl von Holzleisten automatisch herstellen kann.

Der Modelleisten wie das roh vorgerichtete Werkholz werden zwischen die Spitzen eines Pendelrahmens gespannt, der im oberen Teil des Gestells beiderseitig gelagert ist. Während das langsam rotierende Modell von einer Kopierrolle abgetastet wird, wird das gleichfalls rotierende Werkholz von einem Messerkopf in entsprechender Weise bearbeitet. Durch entgegengesetzte Drehung von Modell und Werkstück,



Abb. 832. Aluminiumleisten
(Lüneburger Eisen- und Emailierwerke A.-G., Lüneburg)

kann man zu einem Modell sein symmetrisches Gegenstück herstellen. Durch Verstellung des Hebelmechanismus kann die Kopie sowohl in Längs- wie in Querrichtung abweichend vom Modell dimensioniert werden. Man kann also von einem Modelleisten in beliebiger Weise größere wie kleinere Kopien herstellen.

Bevor man endgültig zu Leisten aus Leichtmetall (Aluminiumlegierungen) überging, war das am meisten benutzte Leistenmaterial Gußeisen. Gußeiserne Leisten sind gute Wärmeleiter. Andererseits haben sie große Nachteile. Sie sind schwer und nur umständlich zu hantieren. Infolge ihres hohen spezifischen Gewichts waren gußeiserne Leisten eine Quelle erhöhten Dampfverbrauchs bei der Vulkanisation. Sobald schließlich eine Schuhform aus der Mode kam, hatten die entsprechenden Leisten nur noch Schrottwert. Darüber hinaus war der Bruch bei gußeisernen Leisten im Betriebe sehr erheblich.

Seit mehreren Jahren ist man zur Verwendung von Leisten aus Aluminiumlegierungen (Abb. 832) übergegangen. Die Aluminiumleisten sind in gleicher Ausführung etwa dreimal so leicht wie gußeiserne. Die Arbeiterinnen ermüden beim Hantieren mit ihnen nicht so leicht. Die Leisten haben einen um etwa 25 % geringeren Dampfverbrauch als aus Gußeisen hergestellte und um 45 bis 60% geringeren als Holzleisten. Das Material veralteter Aluminiumformen kann stets wieder zu neuen Formen umgeschmolzen werden, und die Leichtmetalleisten oxydieren nicht bei längerem Nichtgebrauch. Andererseits ist ihr Gestehungspreis ungleich

höher als bei Gußeisen oder Holzleisten, und da auf dem Leistenlager etwa die drei- bis vierfache Tagesproduktion an Leisten verfügbar sein muß, bedeutet ein reichhaltiges Aluminiumleistenlager einen sehr erheblichen Kapitalaufwand.

In diesem Zusammenhang ist es interessant, den Versuch zu erwähnen, aus Blech gestanzte Leisten zu verwenden, der auf Anregung des Verfassers vor mehreren Jahren unternommen wurde.

Die Leisten bestanden aus zwei warm gestanzten Längshälften und einer ebenen Deckplatte, die miteinander verschweißt waren. Als Material diente Blech von 1,375 bis 1,75 mm Stärke. Die gestanzten Leisten wogen im Mittel etwa 60% weniger als die gußeisernen und kamen im Gewicht den Leichtmetalleisten gleich. Sie waren aber in der Herstellung wesentlich billiger und gaben fast gar keinen Bruch. Die folgende Tabelle veranschaulicht, wie im Laufe von drei Jahren der jährlich auftretende Bruch sank, dadurch, daß für die gangbarsten Schuhmodelle Stanzleisten angeschafft wurden.

Jahr	Gesamtzahl d. Leisten	gußeiserne	gestanzte	prozentueller Anteil der gestanzten Leisten	Tagesproduktion der Schuhe	jährl. Bruch	jährl. Bruch in % der Tagesproduktion
1. Jahr	63 000	62 700	300	0,5 %	15 000	7 500	41,6 %
2. Jahr	75 700	70 100	5 600	7,4 %	20 000	5 400	27,8 %
3. Jahr	81 600	69 000	12 600	15,4 %	27 800	4 000	18,7 %

Obwohl der jährliche Bruch bei gußeisernen Leisten nicht unter 35% der Tagesproduktion auszumachen pflegt, sank innerhalb dreier Jahre die Zahl der jährlich zerbrochenen Leisten von 41,6% auf 18,7%, obwohl die gestanzten Blechleisten nicht mehr als 15% des gesamten Leistenmaterials ausmachten.

Darüber hinaus verbrauchten die Stanzleisten in der Vulkanisation, wie der folgende Vergleich zeigt, nur wenig Dampf:

Dampfverbrauch pro Paar Leisten in kg:

Gestanzte Leisten . . .	0,055
Reinaluminiumleisten . . .	0,080 (berechnet)
Gußeiserne Leisten . . .	0,127

Im Sortiersaal (Abb. 776, 22),

nach dem die Schuhe durch Transporteinrichtungen gelangen, werden sie auf zinkbeschlagenen Tischen nach Formen und Größen aussortiert und von dem Leiter der Abteilung sorgfältig auf Aussehen, Fehler und Unregelmäßigkeiten untersucht. Da jeder Schuh die Nummer der Arbeiterin bzw. der Arbeitsgruppe trägt, ist eine Kontrolle der Arbeit im Konfektioniersaal möglich, und es können Maßnahmen getroffen werden, um Wiederholung der Fehler auszuschalten.

Der Sortierraum ist mit großen Regalen ausgestattet, die die Schuhe nach dem Sortieren aufnehmen. Hier verbleiben sie mindestens drei Tage,

um einmal dem Lack die Möglichkeit zum Nachtrocknen zu geben⁵⁵, sodann um die Schuhe auf das Ausschweifeln hin zu prüfen und gegebenenfalls die untermulkanisierten in die Vulkanisationsabteilungen zurückzubefördern, wo sie wieder aufgelegt oder frei auf Brettern stehend, in einem besonderen Brand nachgeheizt werden. Die Schuhe leiden dabei allerdings, bekommen ein etwas matteres Aussehen und werden gewöhnlich als Sekundaware verkauft.

Nachdem die Schuhe ausgetrocknet und keine weiteren Mängel nachweisbar sind, werden sie mit dem roten Fabrikstempel versehen. Dann kommen sie in die Expedition, wo sie meist zu 50 Paar nach Fassons und Größen in Kisten verpackt werden. Von hier werden sie dem Versand übergeben bzw. aufs Lager gelegt.

Als Kistenmaterial ergab Sperrholz die besten Resultate. Viele Fabriken stellen die Kisten in eigener Regie her, da ein Lager größerer Mengen Kisten verschiedener Größe unrentabel ist.

Turn- und Tennisschuhe

Einen bedeutenden Artikel auf dem Schuhmarkt bilden die sogenannten Volks-, Turn-, Tennis-, Lauf-, Sport- usw. Schuhe. Das sind Schuhe,



Abb. 833. Turnschuue mit anvulkanisierter Gummisohle
(A. Calmon A.-G., Hamburg)



Abb. 834. Turnschuh mit angenähter Gummisohle
(A. Calmon A.-G., Hamburg)

die aus einem Stoffoberteil und einer daran angenähten oder anvulkanisierten Gummisohle bestehen.

Abb. 833 und 839 zeigen zu dieser Klasse gehörende Schuhe mit anvulkanisierter, Abb. 834 einen solchen mit angenähter Gummisohle. Der Werdegang des ersten Typs wird in Abb. 835 veranschaulicht.

Der Oberteil des Schuhs ist aus dubliertem (kaschiertem) Stoff. Als (äußerer) Deckstoff dient meist weißgebleichtes oder auch buntes Segelleinen, als Futter Nesselstoff oder Körper.

Von den Deckstoffen der Kanvasschuhe wird nur selten verlangt, daß sie wasserdicht sind. Meist handelt es sich um Sommerschuhwerk, und die Forderung geht eher dahin, einen möglichst luftdurchlässigen Schaft zu haben.

⁵⁵ Bekanntlich kleben die Schuhe nach der Vulkanisation etwas, wenn der Lack nicht übervulkanisiert ist, und erst der Luft einige Tage ausgesetzt, erhält die Lackschicht die erforderliche Trockenheit.

Das Kaschieren kann mit Dextrin- oder Stärkelösungen geschehen. Dies hat den Vorteil der Billigkeit, und die Stanzabfälle repräsentieren einen höheren Wert, da sie in der Papierindustrie Verwendung finden können. Sodann trennen sich dextrin- oder stärkedublierte Stoffe im Gebrauch und geben dem Schaft ein lockeres, von manchen bevorzugtes


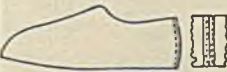

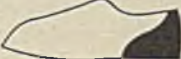


















Nr	Teil	Zusammenbau	Bezeichnung der Teile
1			Schaft
2			Fersenkappe
3			Oesenverstärkung
4			Verzierungsband und Lasche
5			Futtersohle
6			Gelenkbrücke
7			Verstärkungsbänder
8			Zwischensohle
9			Zehenkappe
10			Gummiband (Besatzstreifen)
11			diamantierte Gummisohle

Abb. 835. Aufbau eines Turnschuhes

Aussehen. Ein Nachteil ist es, daß die Schichten sich zuweilen schon beim Aufleisten trennen, wodurch die Arbeit erschwert wird.

Natüremäßig bevorzugten es die Gummischuhfabriken, mit recht steifer, nicht tief in den Stoff eindringender Kautschuklösung oder mit wäßrigen (zumal konzentrierten) Kautschukdispersionen zu dublieren. Das Kaschieren geht in der Weise vor sich,

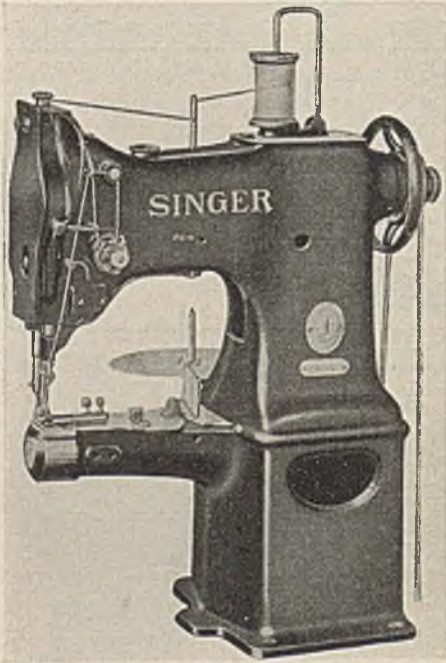


Abb. 836. Einfaßmaschine (Singer)

daß (vgl. Seite 1012) zuerst der Futterstoff — meist auf der Streichmaschine — gummiert und (da der Strich nur sehr dünn ist) ohne Zwischenläufer aufgerollt wird. Dann wird der Deckstoff gummiert und nach dem Passieren einer Wärmeplatte trocken mit dem Futterstoff zwischen zwei Walzen des Dublierkalenders vereinigt.

Werden die Schuhe, wie dies bei Turnschuhen mit angenähter Sohle der Fall ist, nach beendeter Konfektionierung nicht geheizt, so ist es notwendig, die Gummiierung des dublierten Oberstoffes vorher auf irgendeine Weise zu vulkanisieren. Hierzu kann man sich mit Vorteil der Migrationsmethode bedienen: der eine der später zu dublierenden Stoffe wird mit einer schwefelhaltigen, der andere mit einer ultrabeschleunigerhaltigen Mischung gestrichen. Die Vulkanisation geschieht nach erfolgter Dublierung von selbst beim Lagern.

Der Ober teil (1) (Schaft) des Turnschuhes, der im Falle der Abb. 835 aus einem Stück besteht, wird in zahlreichen Lagen auf schweren Maschinen (vgl. Abb. 791) gestanzt. Die Einzelteile können auch in mehreren Lagen übereinandergeschichtetem Stoff mit dem Bandmesser ausgeschnitten werden. Da die einzelnen Lagen des kaschierten Stoffes sich aber leicht aufeinander verschieben können, ist es zur Erzielung eines schönen und gleichmäßigen Schnittes in diesem Falle empfehlenswert, die Stoffpakete, nach dem Aufteilen in Stücke von handlicher Größe, mit Klammern zu verbinden.

Das Konfektionieren der Schäfte geschieht in der gleichen Weise, wie bei der Herstellung von Leder- oder Stoffschuhwerk. Vielfach überlassen die Gummischuhfabriken diese Arbeit Spezialunternehmungen.

Das Konfektionieren der Schäfte geschieht in der gleichen Weise, wie bei der Herstellung von Leder- oder Stoffschuhwerk. Vielfach überlassen die Gummischuhfabriken diese Arbeit Spezialunternehmungen.

Es beginnt damit, daß die Stepperin den Ober teil kantet und hinten halbrund mit einfacher Naht zusammennäht. Dann schlägt sie die Stoff-

ränder nach innen um, legt ein etwa 10 mm breites gewebtes Stoffband darauf und durchnäht das Ganze auf einer Zweinadelmaschine.

An der Hacke des Schuhs wird nun die *Fersenkappe* (2) eingenäht. Sie besteht aus einseitig gummiertem und mit Raggummimischung belegtem Nessel und ist (vgl. Seite 1016) am ganzen Rande geschärft.

Dann näht eine Arbeiterin die *Ösenverstärkung* (3) ein und faßt auf einer Maschine von der Art der in Abb. 836 gezeigten den ganzen inneren Rand des Turnschuhs mit einem gewebten Band von etwa 8 mm Breite ein. Zuweilen begnügt man sich damit, das Ösenstück lediglich durch das Einfaßbändchen festzuhalten.

Einer auf dem Schaft mit Bleistift nach Schablone vorgezeichneten Kurve folgend, wird jetzt das *Verzierungs*bändchen (4) ein- oder zweifädig aufgenäht. Mit gleicher oder mit besonderer Naht wird die zuvor eingefasste *Lasche* befestigt. — Das Ösenstück (3) ist aus starkem Segelleinen oder aus Stanzabfällen des Schaftes, während die Lasche (4) aus dem Deckstoff des Schuhs besteht. Beide Teile sind in mehreren Lagen gestanzt.

Nunmehr ist der Schaft fertiggestellt, und die weitere Konfektion des Schuhs geschieht über einem Leisten. Bevor jedoch der Schaft auf den Leisten gezogen wird, werden mittels der bekannten in Abb. 837 gezeigten Maschine die Ösen doppelreihig und automatisch in den Schaft eingesetzt. Man erhält allerdings bessersitzende Schuhe, wenn man die Ösen erst in den fertigen Schuh einschlägt. Genau so muß man mit *hellen* Ösen verfahren, da sie in der Vulkanisation sonst nachzudunkeln pflegen.

Bei **Schuhen mit anvulkanisierter Sohle** ist es eine nicht ganz leicht zu lösende Aufgabe, die Gummisohle sicher und dauerhaft an den Stoffschaff zu befestigen. Die meisten Kanvasschuhe dieser Art werden zu dem Zwecke mit einem dünnen Gummiband (Nr. 11 in Abb. 835) versehen, das unmittelbar unter der Außensohle (12) die ganze Sohlenpartie des Schaftes umläuft, und sozusagen einen dünnen 5 bis 20 mm hoch auf dem Schaft hinaufgezogenen Sohlenrand darstellt. Um aber seinerseits eine einwandfreie Bindung zwischen dem Gummistreifen (11) und dem (hier ungummierten) Stoffschaff zu gewährleisten, muß der untere Schafttrand besonders präpariert werden, was durch Aufpressen oder Aufstreichen einer dünnen Gummischicht geschieht.

Auf den so vorbereiteten Schaft muß der Besatzstreifen (11) derart aufgebracht werden, daß er genau mit dem oberen Rand des Gummibelags abschließt, während der gesamte restliche Schaft von dem Gummi frei ist. — Nun gelingt es meist *nicht*, alle Schäfte ganz gleichmäßig aufzuleisten. Legt man daher Wert darauf, daß der Besatzstreifen auf allen Schuhen, zumal auf den beiden Schuhen eines Paares, gleich hoch sitzt, so ist es notwendig, den unteren Schafttrand erst nach dem Aufwickeln zu gummiern, und zwar durch Aufstreichen einer dünnen Gummilösung, dann, nach dem Trocknen, einer dickeren und schließlich einer recht steifen.

Das Vorstreichen der Schäfte mit Gummilösung an den Stellen, an denen später Zehenkappe und Gummiband befestigt werden sollen, erfordert viel Sorgfalt und Können. Es sind daher zahlreiche Hilfsvorrichtungen (besondere Schmierkannen, Schablonen, Drehtische usw.) hierfür versucht worden, um die Operation des Schmierens zu vereinfachen. In neuester Zeit sind auch maschinelle Einrichtungen für den genannten Zweck vorgeschlagen worden.⁵⁶ Das Schmieraggregat einer solchen von S. J. Finn vorgeschlagenen Maschine ist in Abb. 838 gezeigt. Es be-

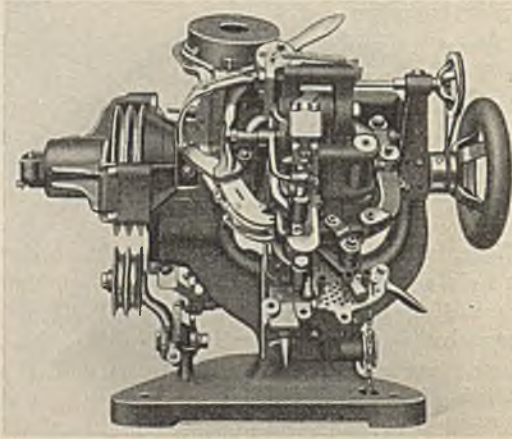


Abb. 837. Automatische Ösenmaschine
(W. Schröder, Fürstenwalde, Spree)

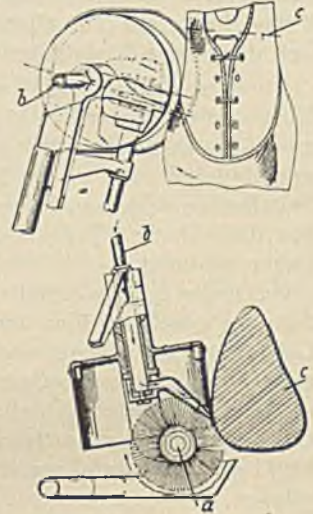


Abb. 838

steht aus einer rotierenden Bürste (a), der durch ein Zulaufrohr (b) Gummilösung zugeführt wird. Der Leisten (c) mit dem aufgezogenen und an der Futtersohle angeklebten Schaft wird hierbei in sinnreicher Weise an der Bürste vorbeibewegt (gedreht), derart, daß er bis zu einer sauber abschließenden Linie mit Gummilösung bedeckt wird.

Legt man keinen so ausgesprochenen Wert darauf, daß der Besatzstreifen (11) auf allen Schuhen gleich hoch sitzt, so kann man die Gummiauflage — statt sie aufzustreichen, — auf den flachliegenden, noch nicht aufgeleisteten Schaft aufpressen. Dies geschieht in der Weise, daß man auf den Rand des Schaftes, der später von dem Streifen (11) bedeckt werden soll, eine dünne Gummiplatte auflegt und sie mit einer Metallschablone von der Form des aufzubringenden Besatzstreifens bedeckt. Zusammen mit Gummiplatte und Schablone wird dann der Schaft für einige Sekun-

⁵⁶ A. P. Nr. 1 830 114 (1931) von F. D. Kinney & U. S. M. Co. schlägt Auftragen der Lösung durch Aufspritzen vor. A. P. Nr. 1 863 900 (21. Juni 1932) von S. J. Finn & United Shoe Machinery Corp., Boston, siehe oben. A. P. Nr. 1 559 367 (1925), 1 804 479 (1931) und 1 804 480 (1931) von H. R. Polley stellen ein kombiniertes Aufstreich- und Spritzverfahren dar. Von der United Shoe Mach. Corp. wird auch unter dem Namen: Top-Cementing-Machine eine derartige Einrichtung in den Handel gebracht.

den unter eine heiße Presse gebracht. Der überschüssige Gummi quillt unter der Schablone hervor und läßt sich mit einem Stück Gummi abstreifen, während jetzt nach dem Entfernen der Schablone auf dem unteren Schafttrand ein fest eingepreßter dünner Gummibelag von der gewünschten Form verbleibt. — Das kurze Erhitzen unter der Presse kann bei Vorhandensein zahlreicher Schablonen auch in mehreren Lagen erfolgen.

Ein Verfahren, den Belag auf dem Kalandar aufzupressen, das zwar Geschicklichkeit erfordert, aber gute Resultate ergeben soll, beschreibt M. Klugens: ^{56a} »Um die mittlere Walze eines beliebigen Dreierollers läßt man eine dünne Gummischicht laufen, deren Stärke durch die obere Walze eingestellt wird. Die untere Walze wird etwas von der mittleren abgehoben. Zwischen diese beiden Walzen wird dann der Schaft eingeführt, unter dem eine Metallschablone liegt, deren Konturen genau dem zukünftigen Besatz entsprechen. Ist die Walzenentfernung richtig eingestellt, so drückt der Gummi sich an den über der Schablone liegenden Stellen fest in das Gewebe ein, während der übrige Teil des Stoffes rein bleibt. Nach dem Passieren des Kalanders fällt die Schablone vom Stoff auf ein unter dem Kalandar laufendes Transporttuch ab und wird zu ihrem Ausgangspunkt zurück befördert. An einem gewöhnlichen Kalandar von 1200 mm Walzenlänge können zwei Mann arbeiten, denen zwei Mädchen die Schäfte mit den Schablonen zureichen, während zwei Jungarbeiter die Schäfte vom Kalandar pflücken.«

Das **Aufleisten** (Aufzwicken) der Schäfte kann nur bei ganz leichtem Turnschuhwerk von Hand erfolgen. Bei kaschierten Stoffen — zumal bei Arbeit am laufenden Band — muß man sich der aus der Leder Schuhindustrie bekannten Aufzwickzange bedienen, während in modern eingerichteten Betrieben, das Aufleisten (das aus dem Überziehen des Schaftes über den Leisten und dem Befestigen des Schafttrandes an der Bandsohle besteht) maschinell besorgt wird.

Hierzu bediente man sich ursprünglich der gleichen Aufleistmaschinen wie man sie in der Lederschuhindustrie vorfindet, z. B. der Rex-Pulling-over-Machine und der Consolidated Lasting-Machine der United Shoe Mach. Corp. Sie stellen ein ungemein kompliziertes System beweglicher Finger dar, die, nacheinander betätigt, die mit dem Aufleisten verbundenen Operationen ausführen. D. h. sie legen den Schaft dem Leisten an, schlagen seinen Rand auf die Futtersohle um und kleben ⁵⁷ oder nageln (heften) ⁵⁸ ihn daran fest.

Die geringe Steifheit des Schaftmaterials und seine leichte Verschiebbarkeit auf dem Leisten machte es jedoch notwendig, diese Maschinen abzuändern. Durch Hinzunahme weiterer Aggregate wird der Schaft, während seine Ränder angespannt und auf der Futtersohle festgeklebt werden, an den Leisten gepreßt gehalten. Derartige Maschinen, wegen deren Konstruktion auf das E. P. 355 817 (1931) der United Shoe

^{56a} Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 1196

⁵⁷ Vgl. hierzu z. B.: E. P. Nr. 355 332

⁵⁸ Vgl. E. P. Nr. 354 787 (George Goddu und United Shoe Machinery Corp.)

M a c h. C o r p. verwiesen wird, eignen sich auch zum Aufleisten unver-schnürter Schäfte.

Kehren wir zum Konfektionierprozeß zurück.

Im Gelenk der aufgeleisteten Schäfte werden die Stoffteile durch eine kleine B r ü c k e (6) aus doppelseitig gummiertem Nessel zusammengeheftet.

Ferse und Zehenspitze werden mit einem schmalen, doppelseitig gummierten S t o f f b a n d (7) verstärkt, das teilweise auf den Schaft, teilweise auf die Futtersohle umgeschlagen wird. Es hat ähnliche Funktionen wie das graue Band beim Gummischuh.

Um eine glatte Unterlage für die darüberkommende Gummisohle zu schaffen, wird jetzt eine Z w i s c h e n s o h l e (8) aus losem, doppelseitig gummiertem Nessel aufgelegt und festgerollt.

An der Zehenspitze wird eine K a p p e (9) aufgelegt und angerollt, nachdem der Schaft an dieser Stelle mit dicker Gummilösung eingestrichen wurde. Die Zehenkappe ist aus etwa 0,8 mm starker Gummiplatte mit Handstanze und Hammer auf nasser Holzunterlage ausgeschlagen oder von Hand geschnitten.

Der ganze untere Schuhrand wird jetzt von einem S t r e i f e n (10) aus Gummi eingefabt. Dieser Streifen, der die untere Schuhpartie wasserdicht macht und ein gutes Haften der Gummisohle am Schaft gewährleistet, ist entweder sichelförmig profiliert und auf der Spritzmaschine hergestellt oder meist aus gleichmäßig starker auf dem Kalandr gezogener Platte geschnitten. In Basketballschuhen und hochwertigen Tennisschuhen wird er in Verbindung mit einem doppelseitig friktioniertem und belegtem Stoffstreifen aufgebracht.

Das Ausschneiden des Gummistreifens aus der glatten Platte, geschah ursprünglich so, daß die kalandrierte und auf stoffbespannten Rahmen ausgeruhte Platte in einer Lage mit Messer längs eines Lineals in Streifen von 12 bis 30 mm Breite aufgeteilt wurde. Stattdessen kann aber die Platte direkt am Kalandr durch eine Reihe von Kreismessern in Streifen von gewünschter Breite zerschnitten werden. Die Streifen werden in Enden von geeigneter Länge in Büchern aufbewahrt, oder mit Zwischenschaltung von nichtklebendem Papier aufgerollt, und in Rollenform an die Arbeitsplätze des Konfektioniersaales gebracht. Der Streifen wird auf dem in oben beschriebener Weise präparierten Stoffoberteil, auf der Zwischensohle, ebenso wie auf der Zehenkappe festgerollt.

Als letzter Teil wird die profilierte Gummisohle auf den Leisten gebracht. Sie ist aus besonder Mischung (siehe Seite 1078) auf dem Profilkalandr gezogen und unter einem gewissen Winkel zur Oberfläche auf der Sohlenschneidemaschine (Abb. 793) ausgeschnitten. Sie wird in der gleichen Weise wie eine Galoschensohle befestigt. Häufig verwendete man vulkanisierte Crêpegummisohlen. Ein derartiger Schuh ist in Abbildung 839 gezeigt.

Die Herstellung der Crêpesohle unterscheidet sich meist wesentlich von der Fabrikation der diamantierten Sohlenplatte. Nur in seltenen Fällen, und zwar dann, wenn man stärker gefüllte Mischungen ver-

arbeitet, die durch etwas Faktis- und Ölzusatz im Farbton dem echten Crêpegummi angenähert wurden, kann die Crêpemusterung auf einem Profilkalander mit entsprechend graviertem Walze hergestellt werden. Obwohl diese Art Crêpesohlen sich durch regelmäßige Musterung auszeichnen, wird doch die im folgenden beschriebene Herstellungsmethode in der Praxis vorgezogen.

Die Mischung enthält außer Kautschuk nur die notwendigen Vulkanisations- und Alterungsschutzmittel. Wird diese Masse nur mangelhaft vormastiziert und zwischen zwei kalt gehaltenen sehr enggestellten glatten Walzen eines gewöhnlichen Kalanders hindurchgelassen, so resultiert eine Platte, die die typische Crêpemusterung aufweist. Naturgemäß ist die so erhaltene Platte nur dünn. Um auf die gewünschte Stärke der Sohle gebracht zu werden, wird sie mit einer stärkeren, glatten Platte aus

der gleichen Mischung dubliert. Das Ziehen der glatten Unterplatte erfolgt in bekannter Weise auf einem Kalander mit glatten Walzen. Nur wenn die Schuhe eine absatzartige Verstärkung an der Ferse haben sollen, zieht man die Unterplatte auf einem Profilkalander mit den Absätzen entsprechend ausgebohrter Walze. — Da es nicht gelingt, aus der hochwertigen Mischung Platten von mehr als 2 bis 3 mm Stärke einwandfrei zu ziehen, ist man häufig gezwungen, diese glatte Unterlageplatte ihrerseits aus zwei Schichten zu dublieren, um auf die geforderte Sohlenstärke zu kommen, derart, daß die Crêpesohle aus drei Lagen besteht. Um den Kalandereffekt zu eliminieren, dubliert man die glatten Platten über Kreuz.

Nur die füllstoffreiche, meist größere Mengen Magnesiumkarbonat enthaltende Crêpesohle läßt sich einwandfrei auf der Sohlenschneidemaschine (Abb. 793) ausschneiden. Die reine Crêpegummisohle muß hingegen langsam unter Wasserzufluß von Hand längs aufgelegter Schablone ausgeschnitten werden.

Die Herstellung der Crêpesohle aus zwei und mehr Schichten gibt die Möglichkeit an Hand, diese Sohlenart zu stanzen.^{58a} In diesem Falle werden die glatte und die gekreppte Schicht für sich ausgestanzt, die gekreppte etwas größer als die glatte. Nach dem Abwaschen mit Benzin werden beide Lagen dubliert, derart, daß die gekreppte Schicht über die glatte hinübersteht und sozusagen einen dünnen Rand bildet. Dieser Rand wird beim Konfektionieren auf dem Gummibesatz festgerollt.

Auch für das Befestigen der diamantierten Gummisohle sind in neuester Zeit Maschinen entwickelt worden.⁵⁹ Abb. 840 zeigt eine solche. Der Schuh wird durch eine sohlenförmige Öffnung im Maschinentisch



Abb. 839. Tennisschuh mit anvulkanisierter Crepegummisohle (Phoenix A.-G., Harburg-W.)

^{58a} Nach Klungens, loc. cit. S. 1015

⁵⁹ E. P. Nr. 185 499 und E. P. Nr. 337 765

auf eine Gummimembran gestellt, die einen Druckluftraum abschließt. Pneumatisch wird dann die unvulkanisierte Sohle auf das gleichfalls unvulkanisierte Oberteil aufgepreßt.

Derartige Maschinen können für sich neben dem Vorteil höherer Leistung auch den eines besseren Haftens in Anspruch nehmen.

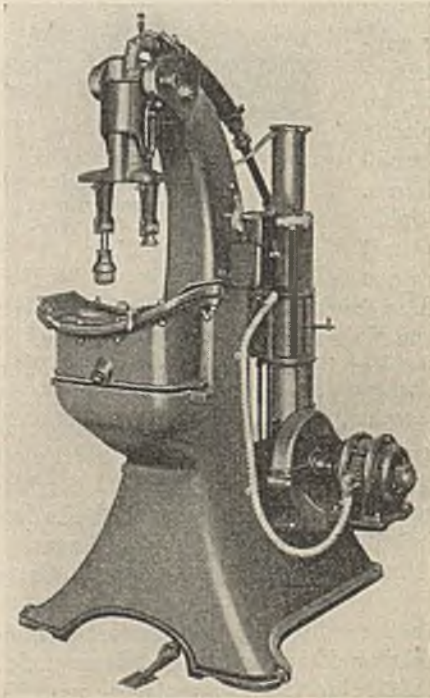


Abb. 840. Sohlen-Anpreßmaschine
(United Shoe Machinery Corporation,
Boston, USA.)

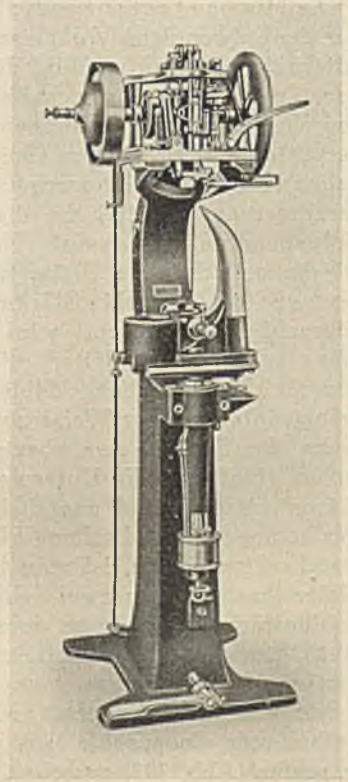


Abb. 841. Kettenstich-Sohlen-
durchnämaschine
(Schön & Cie. A.-G.,
Pirmasens)

Nach beendiger Konfektionierung wird die Kante, an der die Sohle mit dem Gummistreifen, ebenso wie die Kante, an der der Gummistreifen mit dem Stoffoberteil zusammenstößt, mit einer Zackenrolle umfahren.

Bei der Konfektionierung der Tennisschuhe kann weitgehende Arbeitsteilung durchgeführt werden (siehe Seite 1028 und z. B. A. P. 1 730 313 [1929] von W. W. B e n n e r).

Die weißen Tennisschuhe bleiben in der Regel unlackiert. Das Lackieren der braunen Schuhe mit anvulkanisierter schwarzer Gummisohle geschieht mit dem Pinsel. Die Vulkanisation dieser Schuhe erfolgt in heißer Druckluft in der bereits beschriebenen Weise.

Schuhe mit angenähter Gummisohle. Die Herstellung der Schäfte für Turnschuhe mit angenähter Gummisohle geschieht in der gleichen oder in einer ähnlichen Weise wie oben beschrieben. Der untere Schaftrand wird durch Ankleben, Beschlängen oder, wenn die Innensohle, wie dies bei billigen Schuhhausführungen der Fall ist, aus Pappe besteht, durch Annageln an dieser befestigt. Zum Ankleben, zum Beschlängen ebenso wie zum Annageln sind in der Lederschuhindustrie Maschinen entwickelt worden.

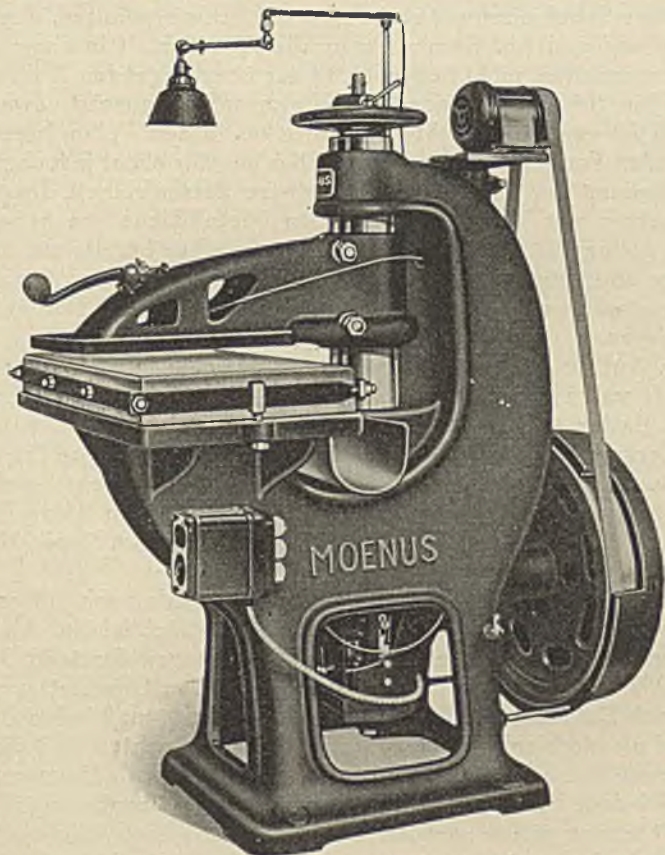


Abb. 842. Gelenkstanze (Moenus A.-G., Frankfurt a. M.)

Das Annähen der Gummisohle geschieht im Durchnäherverfahren auf einer Maschine der z. B. in Abb. 841 gezeigten Art. Die Gummisohle wird hierbei mit einem gewöhnlichen oder einem kaltgewachsenen Faden im Kettenstich mit dem Schaft und der Futtersohle verbunden. Der Schuh wird hierzu auf das zweckmäßig gebogene Horn der Maschine gesteckt.

Die Herstellung der Gummisohlen geschieht in Formen und ist an anderer Stelle dieses Buches bei der Fabrikation der Absätze und Sohlen ausführlich beschrieben. Meist verwendet man Mischungen mit reichlichem Zusatz gemahlener Stoffabfälle, die beim Stanzen der Schafteile entstehen.

Bei manchen Schuhausführungen werden zahlreiche Teile aus Pappe hergestellt (Gelenkstücke, Stoßkappen, Fersenkappen, Füllsohlen usw.). Zum Stanzen der Pappteile können mit Vorteil kleinere Stanzmaschinen von der Art der in Abb. 842 gezeigten Gelenkstanze verwendet werden.

Mischungen für Gummischuhwerk

Bei der Herstellung von Gummischuhwerk und im besonderen beim Aufbau einer Schuhmischung stößt man auf Schwierigkeiten, denen man bei Reifen und anderen Gummiwaren, die ihre Gestalt in einer metallischen Form erhalten, nicht begegnet. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle werden Schuhe in einer Heißluftatmosphäre geheizt. Zwar sucht man durch Anwendung erhöhten Luftdruckes in den Vulkanisierkesseln, den fehlenden Formdruck zu ersetzen. Dies gewährleistet jedoch nur eine bessere Bindung der Einzelteile und höhere Blasenfreiheit. Das Fehlen des Kontaktes mit einer formgebenden Metallfläche macht es auch weiterhin notwendig, den Deckplatten des Schuher bereits auf dem Kalandr ihre endgültige Oberflächenbeschaffenheit zu geben. Auch dürften die Platten während des Verarbeitungsprozesses diese Beschaffenheit nicht verlieren.

Alle am Aufbau des Schuher beteiligten Mischungen müssen daher in heißer Luft vulkanisieren. Sie sollen sich gut ziehen lassen. Die Oberplatte mit glatter, glänzender Oberfläche; die Sohle mit scharf ausgeprägter Profilierung. Dazu ist es notwendig, daß die Mischungen im warmen Zustande weich und plastisch sind, im abgekühlten jedoch soviel Stabilität besitzen, um ohne Verformung hantiert zu werden. Unvulkanisiert müssen die Teile genügend Klebekraft besitzen, um beim Konfektionieren gute Bindung zu liefern.

Darüber hinaus werden an die einzelnen Schuhteile noch differenzierte Sonderforderungen gestellt. Die Sohle wird hauptsächlich auf Abnutzung und Biegung beansprucht, sie muß daher Abnutzungswiderstand, Strammheit und Widerstand gegen Biegen aufweisen. Das Oberblatt unterliegt im Gebrauch Dehnung und Biegung. Seine Mischung muß hohen Modulus haben und elastisch sein. Namentlich ist darauf zu achten, daß die Oberblattmischung keine Zutaten enthält, die große bleibende Dehnung verursachen. Bei dem häufigen An- und Abziehen des Schuher würde sonst der Schaft immer weiter werden und der Lack seinen Glanz verlieren.

Alle Schuhmischungen müssen gute Alterungseigenschaften aufweisen. Das gilt in besonderem Maße von der Oberplatte, die bei einer Stärke von nur etwa 0,5 bis 1 mm dauernd der Einwirkung von Luft und Sonne ausgesetzt ist, wobei sie häufig unter Spannung steht. Infolge der schweren Beanspruchung muß die Mischung Klebzähigkeit und verhältnismäßige Festigkeit gegen Sonnenrißbildung haben.

Wie zu Anfang dieses Kapitels erwähnt, wird die notwendige Stabilität des Schuher durch ein Gerüst von Teilen erreicht, die aus Raggummimischungen oder aus mit Rag gummierten Geweben bestehen. Die Raggummimischungen sind unter reichlichem Zusatz gemahlener, unvulkanisierter Stoffabfälle hergestellt. Sie müssen lederartige Konsistenz und hohe Klebekraft im unvulkanisierten Zustande besitzen.

Nicht zuletzt müssen die verwandten Einzelmischungen sorgfältig mit ihrer Vulkanisation aufeinander abgestimmt sein, und das Schuhwerk darf nicht ausschweifeln.

Als Ausgangspunkt für die Lösung des Problems geeigneter Schuhmischungen ist G o o d y e a r s Entdeckung anzusehen, der fand, daß mit Schwefel und Bleiglätte oder Bleiweiß vermischter Kautschuk die Fähigkeit besitzt, in heißer Luft zu vulkanisieren (1839). Jahrzehnte hindurch war die Bleiglätte auch mit das einzige bekannte Agens, um Heißluftvulkanisation innerhalb annehmbarer Zeiten bewirken zu können.

Die Weiterentwicklung der Goodyearschen Entdeckung und der Fortschritt auf dem Gebiet des Mischungswesens zeigte, daß außer Schwefel und Bleiglätte — an deren Stelle in neuester Zeit in steigendem Maße organische Beschleuniger treten — es zweckmäßig ist, in Schuhmischungen noch eine Reihe weiterer Ingredienzien zu benutzen.

Als hauptsächlichster Füllstoff wird K r e i d e genommen, als verstärkende Stoffe R u ß und Z i n k w e i ß. In farbigen oder weißen Schuhen kommen noch Pigmente (Titanweiß, Lithopone) und meist organische Farbstoffe hinzu. Sodann findet man in Schuhmischungen noch Erweichungsmittel (Fichtenteer, Stearinsäure, Mineral Rubber, Paraffin usw.), Harze wie Kolophonium und Schellack, Alterungsschutzmittel usw. In Raggummischungen kommen gemahlene unvulkanisierte Stoffabfälle hinzu.

Rohgummi und Regenerat. Als Rohgummisorten wurden früher verwandt: Para, Peruvian, Benguela, Dead Borneo, Mattogrosso usw. usw. In neuerer Zeit sind die Wildkautschuksorten fast restlos durch Plantagensorten verdrängt worden (Smoked sheets, braune Crêpe, für helle oder farbige Schuhe auch First und Off Latex). In Friktionsmischungen verwendet man mit Vorteil (vgl. Anm. auf Seite 1008) die harzreiche Guayule.

Der Rohgummigehalt in Sohlenmischungen schwankt zwischen 30 und 50%. Ein Drittel bis zu einer Hälfte dieses Quantums kann in geringwertigeren Schuhen durch Regenerat ersetzt werden. Es ist statthaft, Regenerat in der Sohlenmischung zu verwenden, da die Sohle, wie oben erwähnt, hauptsächlich auf Biegung und Abnutzung beansprucht wird, jedoch nicht auf Zug. Es erübrigt sich zu sagen, daß bei dem heutigen niedrigen Rohgummipreis die Rentabilität der Regeneratverwendung von Fall zu Fall geprüft werden muß.

Der Rohgummigehalt der Oberblattmischung beträgt etwa 40 bis 50%. Wegen der geforderten glatten Oberfläche ist meist von der Verwendung von Regenerat abzusehen.

Bleiglätte. Für die Vulkanisation in heißer Luft ist bei Anwesenheit von 3% Schwefel und 0,5% Stearinsäure auf Gummi ein Mindestzusatz von 4% Bleiglätte notwendig. Meist wurde und wird diese Mindestmenge weit überschritten und man findet in Schuhmischungen 10 bis 15% Bleiglätte vor. Ihre Verwendung war bis zum Aufkommen der Beschleuniger nicht nur notwendig, sondern wirkte sich auch nützlich aus. Die Bleiglätte hat weite Vulkanisationsgrenzen, eine flache Vulkanisationskurve, einen nur mäßigen Schwefelbedarf (1,2 bis 3% auf Gummi) und

befriedigende Alterungseigenschaften. Sie bedingt allerdings schwarze Vulkanisate, da sich während des Prozesses Bleisulfid bildet. Die Bindung des Schwefels durch das Blei verläuft nicht unabhängig von der Vulkanisation des Kautschuks und wirkt in gewisser Weise auf die letztere regulierend.

Spielt bereits bei der Vulkanisation unter der Presse oder im Dampf die Azidität der im Rohgummi enthaltenen Nichtkautschukbestandteile eine entscheidende Rolle (vgl. *Whitby*⁶⁰), so ist dies in noch höherem Maße bei der Vulkanisation in Heißluft in Gegenwart von Bleiglätte der Fall. Schon *C. O. Weber*⁶¹ fiel es auf, daß gewisse afrikanische Gummisorten in heißer Luft bei mäßigem Schwefelgehalt auch in Gegenwart von Bleiglätte nicht vulkanisierten. Durch systematische Versuche gelang es *Bysow*⁶² bereits 1910 dies Verhalten zu klären. *Bysow* fand, daß die Harze verschiedener Rohgummisorten verschiedenen Aziditätsgrad besitzen. Der minimale Säuregehalt, der für die Heißluftvulkanisation mit Bleiglätte erforderlich ist, scheint bei etwa 70 mg KOH auf 100 g Gummi zu liegen⁶³ und wird von den Plantagensorten, von Para usw., jedoch nicht von allen afrikanischen Wildkautschukarten (trotz ihren hohen Harzgehaltes) erreicht.

Harze. Ohne die soeben aufgezeichneten Zusammenhänge zu kennen, hatten die Praktiker rein empirisch gefunden, daß der Zusatz von 0,6 bis 0,9% auf die Gesamtmischung eines sauren Harzes wie Kolophonium oder Schellack geeignet war, viele Vulkanisationsstörungen zu beheben und auch eine von Natur aus schlecht vulkanisierende Gummisorte zum Ausheizen in heißer Luft zu bringen. So erklärt sich die Verwendung genannter Harze in den bleiglättehaltigen Schuhmischungen.

Darüber hinaus haben die Harze, ebenso wie die Erweichungsmittel die Eigenschaft, die Klebrigkeit der Mischung im rohen Zustand zu erhöhen.

Bysows Arbeiten zeigten, daß auch organische Säuren, wie Stearin-, Palmitin-, Oleinsäure usw. geeignet sind, einen Vulkanisationseffekt an Rohgummi geringer Azidität oder an extrahiertem Plantagengummi in Heißluft zu bewirken, jedoch nicht Salizyl- und Zitronensäure.

Füllstoffe. Die Charakteristik der einzelnen in der Gummi-Industrie verwandten Füllstoffe wird ausführlich in dem Kapitel »Mischungswesen« gegeben. Es genügt, an dieser Stelle zu sagen, daß als hauptsächliches Verbilligungs- und Beschwerungsmittel in Schuhmischungen Kreide genommen wird. Wenn die Kreide frei von Schwermetallsalzen und genügend fein ist, stellt sie einen unschädlichen, die Vulkanisation leicht befördernden und gut alternenden Mischungszusatz dar. Sie verursacht nur geringe bleibende Dehnung, die niedriger ist als die der meisten anderen Füllstoffe (*Magnesia carbonica*, Gasruß usw.).⁶⁴ Ihre Verwendung in Oberblattmischungen ist daher unbedenklich. Man findet in Sohlenmischungen 20 bis 45% Kreide vor, im Oberblatt meist 30 bis 40%.

⁶⁰ *J. Soc. chem. Ind.* 42 (1923) S. 336; *Trans. I. R. I.* 1 (1925/26) S. 12

⁶¹ *Gummi-Ztg.* 19 (1904) S. 83

⁶² *I. R. J.* 71 (1926) S. 99. Diese Untersuchung wurde bereits 1910 ausgeführt, konnte aber erst 1926 veröffentlicht werden.

⁶³ Durch Titration mit alkoh. Kalilauge im Acetonextrakt bestimmt.

⁶⁴ Vgl. *H. Turner*, *Trans. I. R. I.* 2 (1926/27).

Als verstärkender Füllstoff zur Erhöhung der Reißfestigkeit, des Abnutzungswiderstandes und der Kerbzähigkeit von Schuhmischungen wird in schwarzem Schuhwerk Ruß, in weißem und hellfarbigem Zinkweiß genommen.

Sehr geeignet für Schuhmischungen sind Kombinationen von aktivem Gasruß (wie Micronex, Arrow usw.) und weichen, durch unvollständige Verbrennung bei hoher Temperatur oder durch thermische Zersetzung von Naturgas hergestellten Rußarten (soft blacks), (wie Fumonex, Thermax, P. 33, Gastex usw.) in Verhältnissen zwischen 1 : 1 und 1 : 2. Die weichen Rußsorten trocknen die Mischungen nicht in dem Maße aus wie die aktiven, im Kanalprozeß gewonnenen Gasruße. Die Platten haben auch nach längerem Lagern genügend Klebekraft. Die weichen Ruße erhalten auch die Mischung plastisch und ermöglichen das Ziehen sehr glatter Platten, was besonders wesentlich beim Oberblatt ist. Der Abnutzungswiderstand mit weichen Rußen hergestellter Mischungen ist etwas geringer als der mit Micronex oder Arrow erzeugten, andererseits ist ihre Elastizität, ihr Modulus und ihr Widerstand gegen wiederholtes Biegen höher. Weiche Gasruße können in Schuhmischungen auch durch Lampenruße ersetzt werden. Der Rußzusatz zu Sohlenmischungen beträgt etwa 5 bis 8% zu Oberblattmischungen 2 bis 5%.

Zinkweiß verwendet man in je nach Verwendungszweck wechselnder Menge. Gegebenenfalls dient er gleichzeitig als Aktivator für den Beschleuniger.

Beschleuniger. Seit wenigen Jahren haben auch organische Vulkanisationsbeschleuniger Eingang in der Gummischuhindustrie gefunden. Einen wesentlichen Anreiz für ihre Einführung bot die Möglichkeit, mit ihrer Hilfe in Verbindung mit organischen Farbstoffen lebhaft gefärbte Modellschuhe herzustellen. Glättefreie Rezepturen sind noch nicht in dem Maße ausgearbeitet und standardisiert wie die alten bleiglättehaltigen Mischungen.

Bei der Herstellung von Formartikeln ist es erwünscht, daß die Mischung erst in einem späten Vulkanisationsstadium angreift, d. h., daß der Beschleuniger eine hohe kritische Temperatur hat. Die Masse soll, um die Form gut auszufüllen, vorher hohe Beweglichkeit erlangt haben. — Anders ist es bei dem frei geheizten Schuhwerk. Hier wünscht man ein rasches Angreifen, ein schnelles »set up«, um eine Verformung der Einzelteile zu vermeiden.

Obwohl in den modernen Vulkanisationsanlagen ein befriedigender Temperaturausgleich herrscht, ist es schon mit Rücksicht auf die verschiedene Stärke der einzelnen Schuhpartien und die lange Vulkanisationsdauer angebracht, Beschleuniger oder Beschleunigerkombinationen zu verwenden, die weite Vulkanisationsgrenzen und einen ausgesprochenen »Plateaueffekt« haben. Als solche kommen in Frage: Kombinationen von Tetramethylthiuram-monosulfid (Monex, Thionex) mit basischen Beschleunigern, zumal mit du Ponts 808 und 833 sowie (im Verhältnis 1 : 3) mit Diphenylguanidin; ebenso Kombinationen von Tetramethylthiuramdisulfid (Thiuram, Tuads) mit Mercaptobenzothiazol (Mercapto, Captax, Thiotax), z. B. im Verhältnis 1 : 10. Die letztgenannte Kombination hat

den Vorteil, von Gasruß oder von Bleiglätte in ihrer Wirkung nicht beeinträchtigt zu werden und keinen Stearinsäurezusatz zu verlangen. Für sich allein benutzt haben die Thiurame eine höhere Neigung zu vorzeitiger Vulkanisation. In bleiglättehaltigen Mischungen können sie nach W. Norris⁶⁵ einen metallischen Glanz an der Oberfläche hervorbringen. Weiter werden für die Herstellung von Schuhwerk empfohlen Trimene und Trimenebase, allein oder in Verbindung mit Diphenylguanidin. In neuester Zeit werden Ureka und Ureka-white für Gummischuhmischungen propagiert. Zuweilen wird Mercaptobenzothiazol allein in Schuhmischungen benutzt.

Wegen der Aktivität dieser Beschleunigergemische, ihres Schwefel- und Entwicklerbedarfes sei auf das entsprechende Kapitel verwiesen.

Alterungsschutzmittel. Als Alterungsschutzmittel werden solche bevorzugt, die die Mischung widerstandsfähig gegen wiederholtes Biegen machen. In hellen und farbigen Schuhen ist darauf zu achten, daß das Alterungsschutzmittel möglichst keine verfärbende Wirkung hat.

Typische Gummischuhmischungen

Sohlenmischungen für schwarzes und farbiges Schuhwerk

	Nr. 1 Schwarze Sohle mit Bleiglätte	Nr. 2 Schwarze Sohlenmischungen mit organ. Beschleunigern	Nr. 3	Nr. 4 Farbige Sohlen- mischung
Kautschuk	21 500	40 000	36 000	35 000
Schuhregenerat	15 200	15 000	—	—
Kreide	43 000	16 720	43 000	41 300
Zinkweiß	—	15 000	12 500	12 000
Gasruß, aktiv	—	7 500	5 250	—
Lampenruß ⁷	4 600	—	—	—
Kaolin, fein	—	—	—	8 600
Stearinsäure	—	0 500	0 350	0 350
Paraffin	—	0 250	—	—
Mineral Rubber	—	3 000	—	—
Teer, ausgekocht	2 300	—	—	—
Cykline Oel	—	—	1 100	1 000
Harz (Kolophonium)	0 600	—	—	—
Schwefel	0 600	1 250	0 800	0 800
Beschleuniger I	—	0 280 ²	0 650 ¹	0 600 ⁵
Bleiglätte	12 200	—	—	—
Alterungsschutzmittel	—	0 500 ¹	0 350 ³	0 350 ⁶
	100 000	100 000	100 000	100 000 ⁶⁶

⁶⁵ I. R. W. 82 Nr. 2 (1930) S. 54

¹ z. B. Neozone C von du Pont (ein Gemisch von phenyl-*a*-naphthylamin + metatolylendiamin).

² Beschleuniger 833 von du Pont.

³ z. B. Flectol A von Monsanto Chem. Works (RSL).

⁴ Ureka von Monsanto Chem. Works (Rubber Service Lab. Co.).

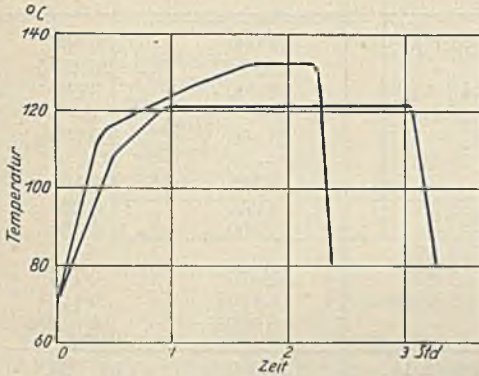
⁵ Ureka bzw. Ureka White (Monsanto).

⁶ Phenyl- β -naphthylamin.

⁷ Statt Lampenruß kann weicher Gasruß oder eine Mischung von weichem und aktivem Gasruß etwa im Verhältnis 2:1 gebraucht werden.

⁶⁶ Je nach dem gewünschten Farbton kommen noch Vulkanfarbstoffe hinzu.

Als Anhaltspunkt für die Vulkanisation dieser, wie der nachfolgenden Mischungen, kann, falls sie auf Bleiglättebasis aufgebaut sind, das Diagramm der Abb. 807 dienen, falls sie organische Vulkanisationsbeschleuniger enthalten, die Kurven der Abb. 843.



Der Luftdruck im Kessel beträgt hierbei 2 bis 4 Atü. In Abhängigkeit von der Ausführung des Schuhwerks und den örtlichen Betriebsbedingungen muß die Vulkanisation in jedem einzelnen Falle abgestimmt werden. Desgleichen können und sollen die gegebenen Mischungsvorschriften nur als Anhaltspunkte dienen.

Abb. 843. Vulkanisationsdiagramme für Mischungen mit organischen Beschleunigern (Nr. 2 und Nr. 6)

Oberblattmischungen für schwarzes und farbiges Schuhwerk

	Nr. 5 Schwarze Oberblatt-Mischung mit Bleiglätte	Nr. 6 Schwarze Oberblattmischungen mit organischen Vulkanisationsbeschleunigern	Nr. 7	Nr. 8 Farbiges Oberblatt Basismischung
Kautschuk	38 500	47 000	56 000	48 000
Kreide	38 500	30 475	34 000	29 000
Zinkweiß	—	17 000	5 250	12 000
Gasruß, aktiv	—	3 000	1 100	—
Lampenruß ¹	5 650	—	—	—
Kaolin, fein	—	—	—	7 000
Stearinsäure	—	0 250	0 225	0 450
Paraffin	—	0 250	—	—
Vaseline	—	—	0 900	—
Teer, ausgekocht	1 750	—	—	—
Cykline Oel	—	—	—	1 450
Harz (Kolophonium)	0 750	—	—	—
Schwefel	1 350	1 250	1 125	0 950
Beschleuniger I	—	0 250 ¹	0 850 ⁴	0 720 ⁴
Beschleuniger II	—	0 025 ²	—	—
Bleiglätte	13 500	—	—	—
Alterungsschutzmittel	—	0 500 ³	0 550 ⁵	0 480 ³
	100 000	100 000	100 000	100 000 ⁶

¹ Beschleuniger 833 von du Pont.

² Tetramethylthiuram-monosulfid.

³ Phenyl-β-naphthylamin.

⁴ Ureka standard.

⁵ Flectol A.

⁶ Die gewünschte Farbe wird durch Zusatz vulkanisationsbeständiger Farbstoffe erreicht. Bei hellen Farbschattierungen empfiehlt sich, einen Teil der Kreide durch Lithopone zu ersetzen.

⁷ Statt Lampenruß kann weicher Gasruß oder eine Mischung von weichem und aktivem Gasruß etwa im Verhältnis 2:1 gebraucht werden.

Sohlenmischungen für weißes Schuhwerk (mit organischen Beschleunigern)

	Nr. 9	Nr. 10	Nr. 11
Kautschuk	52 000	32 000	30 000
Kreide	—	15 1125	24 2375
Zinkweiß	13 000	15 000	3 000
Kaolin, fein	18 200	—	—
Lithopone	—	35 000	40 000
Titanweiß	13 000	—	—
Ultramarinblau	—	0 125	0 125
Stearinsäure	0 250	0 250	0 250
Vaseline	—	1 500	1 500
Cyklone Oel	1 550	—	—
Schwefel	1 200	0 875	0 750
Beschleuniger I	0 800 ¹	0 125 ²	0 125 ²
Beschleuniger II	—	0 0125 ³	0 0125 ³
	100 000	100 000	100 000

¹ Ureka White. — ² Beschleuniger 833. — ³ Tetramethylthiuram-monosulfid.

Oberblattmischungen für weißes Schuhwerk (mit organischen Beschleunigern)

	Nr. 12	Nr. 13	Nr. 14
Kautschuk	55 200	38 000	35 000
Kreide	—	—	20 2875
Zinkweiß	13 800	5 000	3 000
Lithopone	14 000	54 132	40 000
Titanweiß	14 000	—	—
Ultramarinblau	—	0 188	0 125
Stearinsäure	0 220	0 250	0 250
Vaseline	0 850	—	—
Paraffin	—	0 250	0 250
Schwefel	1 100	1 000	0 9375
Beschleuniger I	0 830 ¹	0 150 ²	0 125 ²
Beschleuniger II	—	0 030 ³	0 025 ³
	100 000	100 000	100 000

¹ Ureka White. — ² Beschleuniger 833. — ³ Tetramethylthiuram-monosulfid.

Bei weißem Schuhwerk ist eine Vulkanisation bei niedriger Temperatur (nicht über etwa 125° C) vorzuziehen.

Streich- und Friktionsmischung

	Nr. 15	Nr. 16
Kautschuk	53 100	60 000
Kreide	26 500	26 200
Zinkweiß	—	10 000
Stearinsäure	—	0 500
Fichtenteer	—	1 000
Schwefel	2 700	1 800
Ureka	—	0 500
Bleiglätte	17 700	—
	100 000	100 000

Klebelösung

	Nr. 17	Nr. 18
Kautschuk	81 000	75 000
Zinkweiß	—	22 750
Harz (Kolophonium)	1 000	—
Bleiglätte	13 500	—
Schwefel	4 500	1 750
Beschleuniger 833	—	0 500
	100 000	100 000

Formschuhwerk

Zu Beginn des vorigen Abschnitts über die Gummischuhmischungen sind die Schwierigkeiten gekennzeichnet worden, mit denen man bei der Herstellung von frei geheiztem Schuhwerk zu kämpfen hat. Hinzu kommt noch, daß die Bindung der Einzelteile — und somit die Stabilität wie die Lebensdauer des Schuhs — in hohem Maße von der Sorgfalt abhängig sind, mit der die Arbeiterin im Verlauf des Konfektionierungsprozesses die sukzessive aufgetragenen Teile anrollt. Die Haltbarkeit des Schuhs wird somit stark durch das persönliche Element bei der Arbeit beeinflusst, und eine Kontrolle am Fertigprodukt ist nur schwierig, wenn nicht ganz undurchführbar.

Schon früh finden sich in der Patentliteratur Vorschläge, das Schuhwerk in dem wichtigen Punkt der Bindung von diesem persönlichen Elemente freizumachen und gleichzeitig die manuelle Arbeit nach Möglichkeit einzuschränken.

Zahlreiche dieser Vorschläge⁶⁷ laufen darauf hinaus, den Schuh nach beendeter Konfektionierung zwecks Konsolidierung seiner einzelnen Schichten dem allseitigen Druck eines hochkomprimierten Gases, einer Flüssigkeit oder biegsamer Kautschukmembrane zu unterwerfen, worauf die Vulkanisation in gewöhnlicher Weise erfolgt.

Eine andere Kategorie von Vorschlägen geht dahin, das Gerüst von Verstärkungsteilen über einem Leisten auf ein Futter in der üblichen Weise aufzubringen, dann mit roher Gummimasse zu umkleiden und in einer metallischen Form der Vulkanisation zu unterwerfen. Als erster dürfte der amerikanische Erfinder D o u g h t y zu Anfang dieses Jahrhunderts das Verfahren vorgeschlagen haben, in dessen Patenten⁶⁸ sich eigentlich bereits alle wichtigen Merkmale des besagten Prozesses präformiert finden, nämlich: 1. eine mehrteilige Schuhform, die durch kinematische Hilfsmittel auf einen auswechselbaren Leisten zu und von diesem fort bewegt werden kann, und zweitens ein a u f b l a s b a r e r Leisten, der, nachdem die Form geschlossen ist, unter Flüssigkeits- oder Gasdruck gesetzt, die Schuhteile gegen eine außenliegende Form preßt.

⁶⁷ Vgl. z. B. D. R. P. Nr. 328 545 (1915); A. P. Nr. 1 731 024 (1927/29), A. P. Nr. 1 780 769 (1930), Kanad. P. Nr. 300 376 (1930) usw.

⁶⁸ D. R. P. Nr. 135 903 (1902); D. R. P. Nr. 171 426 und 171 427 (1903)

Weitere, auf der gleichen Basis beruhende Vorschläge sind von M. C. Clark⁶⁹, von I. W. V. Mason⁷⁰ und anderen gemacht worden.

Fortgebildet und zu einem betriebstechnischen Verfahren entwickelt hat die Herstellung von Formschuhwerk erst in jüngster Zeit H. C. L. Dunker. Zahlreiche, alle möglichen Phasen des Herstellungsprozesses betreffende Patente⁷¹ zeugen von seiner regen Arbeit auf diesem Gebiet. Dunker hat eine weiter vervollkommnete Preßmaschine mit einer heizbaren Sohlenform und zwei gleichfalls heizbaren Seitenformen entwickelt. Er hat die Rentabilität des Verfahrens dadurch zu erhöhen vorgeschlagen, daß der Schuh nur für eine kurze Zeit in die Preßform eingeschlossen wird, die gerade ausreicht, um unter der Einwirkung von Formdruck und Hitze einen plastischen Fluß hervorzubringen, die Form gut mit Masse auszufüllen und dann durch kurzes Anvulkanisieren dem Preßling Formbeständigkeit zu verleihen. Weitere Patente beziehen sich auf Vervollkommnungen des Arbeitsprozesses in Formen und haben zur Aufgabe, die dabei an verschiedener Stelle auftretenden Schwierigkeiten zu beheben. So wird Faltenbildung des Futters beim Pressen dadurch vermieden, daß man das konfektionierte Futter vor der Umpressung einer Vorvulkanisation unterwirft. Gegen das Haften der vorgepreßten Schuhe an den Formsegmenten soll sich ein Zusatz geringer Mengen Selen bewährt haben, das auch die Bildung glatter Preßflächen begünstigt. Weitere Verfahren und Vorrichtungen beziehen sich auf das Abschneiden des Formgrats, die Ausbildung einer ausgeprägten Stufe zwischen Sohle und Oberblatt und zahlreiches mehr. Ein Vorschlag von Dunker greift auch die Idee des aufblasbaren Leistens wieder auf.

Während die hier erwähnten Verfahren sich auf die Herstellung von Galoschen, Schneeschuhen usw. beziehen, werden an verschiedener Stelle in Formen auch lederschuhartige Schuhe aus Gummi hergestellt⁷², ebenso auch in großer Menge Bauern-Opanken und zumal Strandschuhe.⁷³

Häufig besitzen diese Schuhe jedoch keine Stoffteile, oder lediglich ein erst nach der Fertigstellung eingeklebtes Futter. Ihre Herstellung ist voll und ganz ein Formereiproblem und hat wenig mit dem Thema des Kapitels gemein.

*

Meinem Sohn Anselm Talalay möchte ich auch an dieser Stelle für seine Unterstützung bei der Abfassung dieses Beitrages »Gummischuhwerk« Dank sagen.

⁶⁹ D. R. P. 194 805

⁷⁰ D. R. P. 176 029

⁷¹ D. R. P. 470 333, 510 837, 521 063, 523 391 (1931), 531 374, 547 578, 550 537, 550 539; E. P. 337 831 (1930), 336 031, 341 439 und zahlreiche mehr.

⁷² D. R. P. 541 688 usw. usw.

⁷³ Vgl. D. R. P. 398 382 und 402 835

SCHWAMMKAUTSCHUK¹

VON S. A. BRAZIER, M. SC., F. I. C. F. I. R. I., BIRMINGHAM, ENGLAND

Geschichtliches

Im allgemeinen ist die Auffassung vertreten, daß die Herstellung von Schwammkautschuk eine der neueren Entwicklungen der Kautschukindustrie darstellt. Wenn dies auch in gewissem Maße zutrifft, so finden sich doch schon in den Berichten der ersten europäischen Forscher über ihre Reisen in den neuentdeckten Kontinent Amerika Hinweise auf die Verwendung von porösem Kautschuk.

Als erster bezeichnet beispielsweise *Gonzola Fernandes d'Ovide y Valdez* (1535) den Ball, den die Indianer für das unter dem Namen »Batey« bekannte Spiel benutzten, als sehr leicht und porös. Dies wird noch durch einen weiteren Hinweis bestätigt, der in einem nahezu 200 Jahre später von *Xavier de Charlevoix* (1733) geschriebenen Buch enthalten ist.²

Die Frage, wann mit der fabrikatorischen Herstellung von Schwammkautschuk begonnen worden ist, ist schwer zu entscheiden; *H. Rogers* erwähnt in seinem Aufsatz über Kautschukverarbeitung³, daß man schon im Jahre 1845 Schwammkautschuk fabrizierte. Das erste diesbezügliche Patent wurde jedoch erst ein Jahr später *Charles Hancock* (E. P. 11 032/1846) erteilt. Es beschreibt ein Verfahren, um Guttapercha oder Kombinationen dieser Substanz mit »Jintawan« oder Kautschuk, oder einer derselben, eine außerordentlich leichte und poröse Struktur zu verleihen. »Jintawan« ist eine damals zum ersten Male aus Ostindien eingeführte Guttaperchaart.

Die Härte oder Weichheit des endgültigen Schwammes wurde durch die Menge der zugesetzten Guttapercha erzielt, zu der ungefähr 10% reinsten Terpentin oder anderer geeigneter Lösungsmittel hinzugefügt wurden. Der noch zusätzlich benötigte Kautschuk oder Jintawan wurde vorher in 100 bis 200% des Lösungsmittels gelöst, dann mit 10 bis 20% Alaun, Ammoniumkarbonat oder anderen leicht verflüchtbaren Substanzen im Mastikator oder auf andere Weise gründlich vermischt. Die Mischung wurde dann in Formen gewünschter Gestalt oder auf Hordenbleche verbracht und in einem Ofen 1 bis 2 Stunden auf 93 bis 120° C erhitzt.

Wenn beabsichtigt war, den porösen Gegenstand für die Dauer weich und elastisch zu machen, wurde der Guttapercha oder ihrer Mischung mit Kautschuk und Jintawan Schwefel oder vorzugsweise »Orpiment«, »Schwefelleber« (Kaliumpolysulfid) oder andere Schwefelverbindungen zugefügt.

Ein aus demselben Jahr stammendes Patent von *William Brockedon* und *Thomas Hancock* (E. P. 11 455/1846) beschreibt die Her-

¹ Übersetzt von E. A. Hauser

² Siehe Bedford und Winkelmann »Systematic Survey of Rubber Chemistry« 1923.

³ Jahrbuch der Institution of the Rubber Industry 1922 S. 14.

stellung eines »Gegenstandes«, der einem Schwamm sehr ähnlich ist, indem man eine Lösung von Schwefelchlorür mit einer Lösung von Kautschuk oder Guttapercha oder einer Mischung derselben vermischt. Nach kurzer Zeit geliert die Masse und ergibt nach der Erhitzung auf 100° C in Wasser oder dergleichen und nach Verdampfung des Lösungsmittels eine kompressible und elastische Masse, wie sie in Kissen oder Polsterungen für Matten und für andere Zwecke Anwendung finden kann.

In einem späteren Patent (E. P. 11 575/1847) beschreibt Charles Hancock die Herstellung einer porösen schwammigen Guttapercha zwecks Formung oder Versteifung von Sitzen oder Stühlen, Kissen, Matratzen, Sätteln, Eisenbahnwaggonpuffern usw. Hierzu nahm er 48 Teile Guttapercha, Kautschuk oder »Jintawan«, 6 Teile Calciumhydrosulfid, Goldschwefel oder ein analoges Sulfid, ferner 10 Teile Ammoniumcarbonat, Calciumcarbonat oder eine andere Substanz, die entweder verflüchtigbar ist oder zumindest Gas abgibt, und 1 Teil Schwefel. Die Bestandteile wurden in einem Mastikator gut vermischt und dann, ähnlich wie bereits im ersten Patent erörtert, auf 127 bis 149° C erhitzt.

Wenn ein sehr leichtes und weiches Produkt hergestellt werden sollte, wurde die Guttapercha, Kautschuk oder Jintawan vorher mit Öl, Terpentin, Naphtha, Schwefelkohlenstoff oder anderen geeigneten Lösungsmitteln angefeuchtet.

Entsprechend einem Aufsatz in der Zeitschrift »Rubber Age«⁴ wurden die ersten Kautschukschwämme im Jahre 1856 von P. B. Cow & Co. verkauft. Dieser Schwammkautschuk, der aus kleinen Würfeln bestand, wurde zum Reinigen von Handschuhen verwendet. Ein späterer Aufsatz in der gleichen Zeitschrift⁵ stellt die Behauptung auf, daß ein Mitglied obenerwähnter Firma, Mr. T. Forster, der eigentliche Erfinder des Schwammkautschukverfahrens war. Der erste Hinweis in der Patentliteratur stammt aus dem Jahre 1868 (Forster & Heartfield, E. P. 2715, 3215/1868 und ferner P. B. Cow and J. Hill, E. P. 3301/1868).

Wenn diese Patente heute nur noch historisches Interesse beanspruchen, so erscheinen die hierin veröffentlichten Details zweifellos als Hinweise auf die von den Pionieren der Schwammkautschuk-Industrie angewandten Methoden von Wert, ebenso wie sie eine einwandfreie Beurteilung über die Entwicklung der Herstellungsverfahren zulassen.

Die aufgeführten Einzelheiten und die Tatsache, daß schon diese Patente den Titel »Verbesserungen in der Herstellung von Schwammkautschuk« tragen, beweist, ungeachtet der vielleicht heute als minderwertig zu bezeichnenden Qualität der früheren Produkte, daß die Herstellung von Schwammkautschuk schon damals als eine definitive Richtung der Industrie aufgefaßt wurde.

Eine Schwammstruktur wurde durch Einverleibung von 3 bis 25% tierischer oder pflanzlicher Fasern in den unvulkanisierten Kautschuk und gründlicher Benetzung dieser Mischung mit Wasser während der

⁴ London 1 (1920) S. 134

⁵ London 4 (1924) S. 652

Walzung erhalten. Als Alternativ konnte auch Holzkohle oder andere absorbierende Substanzen, wie Sägemehl, Anwendung finden, ebenso wie Alkohol oder ähnliche Flüssigkeiten als Ersatz des Wassers angewandt werden konnten. Das diesbezügliche Patent dürfte auch schon die Anwendung fester Blähmittel in Verbindung mit den Fasern schützen, da ganz allgemein die Regel aufgestellt wird, daß vermahlene tierische oder pflanzliche Fasern zusammen mit anderen Flüssigkeiten oder im allgemeinen Substanzen, die während der Vulkanisation Dampf oder Gas abgeben, Verwendung finden können.

Die Feststellung ist von Interesse, daß in manchen in den Patenten aufgeführten Mischungen Guttapercha genannt ist. Auch Hancock hat schon den Zusatz irgendeiner Guttaperchaart empfohlen; der Grund liegt vermutlich in beiden Fällen in der Verbesserung des plastischen Flusses der Masse.

Typische Mischungen die angeführt wurden, sind beispielsweise:

1. Gewaschener und mastizierter Kautschuk	20 lbs.
Guttapercha	2,5 "
Zinnober oder sonst geeignete Farbstoffe	2,5 "
Wolle oder Wollhadern	1,5 "
Schwefel (nachher zuzusetzen)	2,25 "
2. Für schwarze Schwämme:	
Kautschuk	20 "
Asphalt	10 "
Guttapercha	2,5 "
Schwefel	2,5 "
Baumwoll- oder Leinenfasern	1,5 "

Von tierischen Fasern werden Wolle oder Haare bevorzugt, von pflanzlichen Fasern werden Baumwolle, Flachs, Hanf und Sägemehl erwähnt.

Die Erfinder bemerken, daß für die Herstellung dicker Schwämme sich die Anwendung von Wolle oder Haaren, mit Wasser befeuchtet, am besten bewährt hat, wohingegen zur Herstellung von Fußbodenbelag Holzkohle oder Holzmehl, mit Wasser befeuchtet, Anwendung finden.

Recht interessante Einzelheiten werden auch über die Art und Weise der Vulkanisation gegeben. Die angewandte Form besteht aus einem Eisenrahmen, der für den Boden und oberen Abschluß freiliegende perforierte Platten aufwies. Diese Platten werden mit groben Baumwoll- oder Flachstüchern überzogen.

Für die Herstellung von Blöcken oder Platten wurde die unvulkanisierte Mischung auf das die Bodenplatte abdeckende Tuch geklebt, die Form zusammengesetzt und in ein grobes Tuch eingeschlagen und verschraubt. Hierauf wurde sie in ein Dampfbad zwecks Vulkanisation verbracht.

Bei der Herstellung großer Längen eines solchen Schwammes, wie er für Fußbodenbelag in Frage kommt, wurde die Mischung auf Tuch der erforderlichen Länge aufgewalzt, und Streifen vulkanisierten Gummis an den Seiten angebracht, um die Lagen voneinander zu trennen. Die

Stärke dieser Streifen war so bemessen, daß sie zumindest der doppelten Stärke des herzustellenden Schwammfelles entsprachen. Das so vorbereitete Tuch wurde dann entweder auf einen Zylinder aufgerollt oder zwischen Metallplatten geheizt.

Die angeführten Einzelheiten beweisen jedenfalls, daß die Herstellung von Schwammkautschuk schon damals von maßgeblicher Bedeutung für die Industrie war. Um so verwunderlicher erscheint es, daß das Patent keine Vorschläge enthält, wie man das Aufblähen kontrollieren könnte, die Patentschrift erwähnt lediglich, daß die Mischung mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten gesättigt sein sollte. Es steht fest, daß nur eine sehr geringe Blähung erzielt wurde, die unter den günstigsten Bedingungen 100% nicht überschritten haben dürfte.

Der erste Hinweis auf Toiletteschwämme aus Kautschuk findet sich in der »Illustrierten Zeitung« 1869.⁶ In diesem Aufsatz ist außer dem vorerwähnten Hinweis auch die Rede vom Verkauf von Handschuhreinigern, Kleiderbürsten aus Kautschuk, Bürsten zur Reinigung und zum Waschen von Pferden, Kautschuk-Massagehandschuhe, Kautschuk-Zahnbürsten usw., die sämtlich von der Firma *Albert Bredow* in Leipzig zu beziehen waren.

Einige Jahre später wurde nun eine Anzahl von Herstellungsverfahren, insbesondere aus Rußland, Deutschland, Frankreich und Amerika, bekannt. Es ist heute schwer festzustellen, wie weit es sich hierbei um eine wirkliche fabrikatorische Herstellung handelt, da Mitteilungen, die sich auf die frühe Geschichte der Schwammkautschuk-Herstellung beziehen, etwas ungenau und mitunter auch widersprechend sind. Man ist sich aber darüber einig, daß der erste auf dem Markt erhältliche Toiletteschwamm russischen Ursprungs war, und in den ersten Jahren unseres Jahrhunderts auf den Markt kam.⁷ Diese ersten Entwicklungen in Rußland beruhen auf dem später von der *Prowodnik Co.* übernommenen *Treugolnik*-Verfahren. Feinst verteiltes Ammoniumcarbonat, das als Blähmittel diente, wurde zu einer Mischung zugesetzt, die vornehmlich aus Parakautschuk und Schwefel bestand, während der Anteil an Goldschwefel und Faktis so niedrig wie möglich gehalten wurde. Der Erfolg beruhte auf genauester Beachtung der Einzelheiten des Herstellungsprozesses und auf einer verhältnismäßig langen Vulkanisation.

Für viele Jahre wurde dieses Verfahren als Geheimverfahren ausbis neue deutsche und amerikanische Herstellungsverfahren zur Eingeeübt und scheint solange eine Monopolstellung eingenommen zu haben, führung gelangten.

Deutsche Fabrikanten wandten eine gänzlich andere Methode an, die auf dem Zusatz von leicht flüchtigen Flüssigkeiten wie Chloroform, Äthylchlorid oder Mischungen von Tetrachlorkohlenstoff und verschiedenen Alkoholen in Verbindung mit Weizenmehl oder Kartoffelstärke beruhten. Diese wurden dem mastizierten Kautschuk in Teigmischern zugefügt oder auf den Mischwalzen auf den Kautschuk langsam aufgesprüht. Alle

⁶ Feldhaus, Gummi-Ztg. 41 (1926) S. 605

⁷ Peritor, F., Gummi-Ztg. 38 (1924) S. 1052

Teile des Verfahrens mußten in ihren Einzelheiten genauest beachtet werden; die Vulkanisation wurde in doppelwandigen Kesseln vorgenommen, bei denen die Temperaturen während der Heizung unabhängig voneinander eingestellt werden konnten.

Verschiedene Aufsätze⁸ geben als Beginn für die Schwammkautschukherstellung in Amerika die Zeitperiode von 1902 bis 1905 an, wohingegen englische Unternehmungen erst zu viel späterer Zeit in ernstliche Konkurrenz traten. Nach Angaben von H. und F. de Poix⁹ wurde der französische Markt vor dem Weltkrieg fast ausschließlich mit russischer und deutscher Ware beschickt und dann bis 1920 mit amerikanischem Schwammkautschuk. In England haben eine Anzahl britischer Firmen trotz schwerer Konkurrenz, sowohl aus Europa als auch aus den Vereinigten Staaten, die Herstellung von Schwammkautschuk mit Erfolg aufgenommen.

Schwammkautschuksorten

In Anbetracht des Umstandes, daß so verschiedene Möglichkeiten zur Aufblähung des Kautschuks zwecks Herstellung schwammiger Massen Anwendung finden können, und unter Berücksichtigung der grundsätzlich verschiedenen physikalischen Eigenschaften, die die Endprodukte aufweisen können, scheint es erforderlich, eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Sorten einzuführen. In England beziehen sich die Bezeichnungen »poröser« oder »sponge rubber« ebenso wie in Deutschland der Begriff »Schwammgummi« praktisch auf alle Sorten. Generell aber sollte die Bezeichnung »Schwammkautschuk« für die Produkte reserviert bleiben, die durch Einverleibung einer gasbildenden Substanz in den Kautschuk erzielt werden. Bei dieser Sorte sind die Zellen mehr oder minder offen, das heißt, sie befinden sich in einem solchen Zustand, daß die in den Zellen enthaltene Luft bei Anwendung von Druck ausgepreßt werden kann.

Die Produkte, die durch Einführung von inerten Gasen unter Druck während der Mischung oder Vulkanisation hergestellt werden, werden in England gewöhnlich als »expanded rubber«, in Deutschland als »Zellkautschuk« oder »Schaumkautschuk« bezeichnet. Diese Sorte von Schwammkautschuk besteht aus voneinander getrennten, mit Gas gefüllten Zellen, die normalen oder Überdruck aufweisen können. Die Zellen sind im allgemeinen feiner als die im offenen Schwammkautschuk, und da jede völlig geschlossen ist, setzt dieser Schwamm einem von außen einwirkenden Druck durch die Kompression des Gases in den Zellen mehr oder minder starken Widerstand entgegen. Infolge der geschlossenen Zellstruktur sind diese Schwammkautschuksorten nicht flüssigkeitsabsorbierend.

Wie wir bei der Besprechung der Belastungs- und Kompressionskurven verschiedener Schwammarten sehen werden, läßt sich auch Schwammkautschuk, der in gewissem Maße die Charakteristika des Zellkautschuks aufweist, durch chemische Blähung erzielen. Demgemäß wird man in

⁸ I. R. W. (1929) Aug. S. 79

⁹ Encycl. du Caout., Paris 1929

vielen Fällen lediglich von graduellen Unterschieden und nicht von scharfer Abgrenzung zwischen den einzelnen Sorten reden können. Die Unterschiedlichkeit drückt sich in der Absorptionsfähigkeit von Flüssigkeiten und im Verhalten bei Einwirkung leichter, kompressiv wirkender Belastung aus.

Herstellung von Schwammkautschuk

Bevor wir im einzelnen die Operationen besprechen, die für die Herstellung der verschiedensten Schwammkautschuksorten in Frage kommen, erscheint es von Bedeutung, die Prinzipien zu besprechen, auf denen diese Operationen beruhen; hierdurch wird man die Gründe besonders schätzen lernen, die zu vorsichtigster Kontrolle sämtlicher Stufen der Herstellung mahnen.

Die erste Stufe umfaßt die Herstellung der Kautschukmischung in hinreichend plastischem Zustand, um eine leichte und gleichmäßige Aufblähung zu gewährleisten. Die zweite Stufe bezieht sich auf die gleichmäßigste Verteilung des Blähmittels durch die ganze Masse, und die dritte Stufe, die sich im ersten Stadium der Vulkanisation abspielt, bedingt die Bildung der endgültigen Gaszellen.

Möglichst kurz nach Ausbildung dieser Zellen muß sich die Mischung verfestigen, so daß die dünneren Zellwände nicht zusammenfallen und nur die dicken Wände verbleiben, da sonst ein nur grobporiger Schwamm resultieren würde. In dieser dritten Stufe tritt die Bedeutung einer gut ausgearbeiteten Mischung und geeigneter Vulkanisationsbedingungen zutage. Es ist klar, daß die Temperatur, bei der die Ausbildung der Zellen erfolgt und bei der die Vulkanisation vor sich geht, in gewisser Beziehung zu der Temperatur stehen muß, bei der das Blähmittel vergast. Gleichzeitig muß aber auch die Verfestigungszeit der Mischung so eingestellt sein, daß sie kurz auf die Blähung der Mischung und der Zellbildung erfolgt.

Eine Fortsetzung der Blähung soll zweckmäßigerweise auch nach der beginnenden Verfestigung der Mischung erfolgen, da hierdurch die noch bestehenden dicken Zellwände beseitigt werden können. Wenn aber diese Veränderungen nicht in der richtigen Zeitperiode erfolgen, dürfte das Endergebnis nicht sehr zufriedenstellend sein. Deshalb ist vorsichtige Auswahl der Mischung und der Blähmittel erforderlich, um ein Endprodukt gewünschter Zellformation zu erhalten.

Die vierte und letzte Operation besteht in der Beendigung der Vulkanisation und allen weiteren Handhabungen, wie beispielsweise dem Rollen, das sich zwecks Aufbrechung der individuellen Zellwände als notwendig erwiesen hat.

Die zufriedenstellende Entwicklung jedes einzelnen Stadiums mag vielleicht schwierig erscheinen, aber wenn man sich die Zweckmäßigkeit jeder Stufe in der Herstellung von Schwammkautschuk richtig vergegenwärtigt, so lassen sich oft hartnäckige fabrikatorische Schwierigkeiten vermeiden, denn in vielen Fällen kann eine geringfügige Änderung in einer Stufe die Entwicklung in anderen Stufen störend beeinflussen und umgekehrt. Vor allem spielen die Vulkanisationsbedingungen eine bedeu-

tende Rolle. Wenn wir als typisches Beispiel für eine Gruppe die Toiletteschwämme nehmen, so müssen diese verhältnismäßig große einheitliche Poren mit möglichst dünnen Zellwänden aufweisen, wobei die angewandte Kautschukmischung weich sein, dennoch aber gegenüber der Einwirkung von Seifen, Desinfizien und anderen Substanzen, mit denen ein Kontakt denkbar ist, beständig sein muß!

Auf der anderen Seite erfordert beispielsweise geformter Schwammkautschuk, wie er für Stoß- und Vibrationsdämpfer Anwendung findet, meist eine nahezu vollkommene Zellstruktur mit kleinen Zellen und dicken Wänden. In diesem Falle werden daher die physikalischen Charakteristika der Mischung neben der Schwammstruktur selbst, für den Erfolg von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Mischungstypen für Schwammkautschuk Auswahl des Rohmaterials

Es erübrigt sich wohl, auf die Bedeutung besonders hinzuweisen, die der sorgfältigen Auswahl aller für Schwammkautschuk-Mischungen bestimmter Ingredienzien zukommt; dies gilt sowohl für die Eignung im allgemeinen als auch für die Einheitlichkeit, insbesondere soweit physikalische Charakteristika in Frage kommen; nur so lassen sich ernstliche Abweichungen im Verhalten der Mischungen während der Herstellung vermeiden.

Wenn auch diese Bemerkungen nahezu auf alle Arten der Kautschukverarbeitung Bezug haben, so sind sie für das Gebiet der Schwammkautschukherstellung in Anbetracht der oben erwähnten Schwierigkeiten von ausschlaggebender Bedeutung.

Für die allgemeine Praxis, insbesondere für die Herstellung von Schwammkautschuk guter Qualität, wird man zweckmäßig die besten Rohkautschuksorten verwenden. Wildkautschuk oder geringere Qualitäten von Plantagenkautschuk mögen den Vorteil größerer Plastizität aufweisen, so daß sie einer geringeren Mastikation unterworfen werden müssen. Das Verhalten dieser Kautschukarten bei der Vulkanisation ist aber oft unberechenbar, insbesondere wenn die Mischrezepte nicht hinreichende Mengen Fettsäuren und Zinkoxyd vorsehen. Man erhält auch bei Anwendung sorgfältig ausgewählten erstklassigen Rohkautschuks viel einheitlichere Plastizität bei der Mastikation. Außer der sorgfältigen Auswahl der richtigen Rohkautschuktype empfiehlt es sich zwecks Erhöhung der Einheitlichkeit die angewandten Kautschuksorten zu verschneiden und sie darauf folgend einer gründlichen Mastikation zu unterwerfen. Des Interesses halber sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß Dubosc¹⁰ zwecks Erhöhung der plastischen Eigenschaften der Mischungen den Zusatz von 2 bis 5% entharzter Guttapercha empfiehlt.

Andere Füllstoffe

Sofern man nicht einen außerordentlich zähen und gegen Abrieb widerstandsfähigen Kautschuk benötigt, empfiehlt es sich, keinen größte-

¹⁰ Le Caoutchouc et la Guttapercha 23 (1926) S. 13 018

ren Prozentsatz verstärkend wirkender Füllstoffe, wie Gasruß oder Magnesiumcarbonat, zu verwenden, da sie schon die unvulkanisierte Mischung versteifen.

Zinkoxyd und Kreide kann man freigiebiger verwenden, da sie die unvulkanisierte Mischung nicht »trocknen«, sondern im Gegenteil dazu beitragen, daß die Mischung glatt gespritzt oder kalandriert werden kann. Goldschwefel ist ein weiterer Füllstoff, der im allgemeinen in der Schwammkautschukherstellung gute Ergebnisse zeitigt. Die Verwendung von Zinkoxyd in Verbindung mit organischen Beschleunigern muß sorgfältig studiert werden, da hier die Gefahr besteht, daß die Mischungen schon während des Mischvorganges oder der Profilierung »anbrennen« oder sich verfestigen. Ganz allgemein kann man sagen, daß die allzu große Verwendung von Zusätzen, die die Mischung austrocknen, nicht empfehlenswert ist.

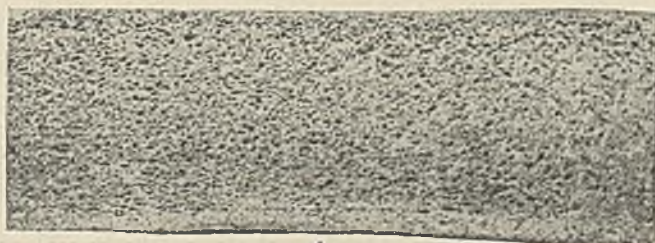
Auch die Auswahl organischer oder mineralischer Farbstoffe muß mit Vorsicht erfolgen. Es ist selbstverständlich, daß diese Substanzen gegenüber dem angewandten Blähmittel haltbar sein müssen; hier ist zu beachten, daß beispielsweise Natriumbicarbonat alkalisch reagiert, saure Reaktion sich aber bei der Anwendung von Nitritmischungen ergibt. Ferner ist zu beachten, daß insbesondere bei der Herstellung von verschieden gefärbtem Schwammkautschuk die Farbzusätze einen speziellen Einfluß auf die Vulkanisationseigenschaften ausüben können, wodurch das, wie erwähnt, so bedeutungsvolle Gleichgewicht zwischen Vulkanisation und Blähung gestört werden könnte.

Es mag zwar überflüssig erscheinen, den Einfluß des spezifischen Gewichtes der Füllstoffe bezüglich des Gewichtes der fertigen Produkte zu erwähnen, doch sei darauf hingewiesen, daß man natürlich überall dort, wo ein Schwamm von niederem spezifischen Gewicht erwünscht ist, ein Zusatz großer Mengen von Füllstoff von hohem spezifischen Gewicht, wie beispielsweise Zinkoxyd, Schwerspat oder Lithopone, vermieden werden sollte. Vorsorge muß auch dafür getroffen werden, daß beim Ersatz eines Füllstoffes durch einen anderen äquivalente Volumina zugrunde gelegt werden müssen, wenn man das allgemeine Gleichgewicht der Mischung nicht gefährden will.

Mehl und Stärke verschiedenster Sorten waren in früheren Rezepturen sehr beliebte Zusätze, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, daß sie die Formung erleichterten, ferner aber weil sie die verschiedensten Blähmittel gut absorbierten, insbesondere die Alkohole, die bekanntlich in Kautschuk unlöslich sind, so daß man auf diese Weise eine gute Verteilung erwarten durfte. Organische Beschleuniger sind bei der Herstellung von Schwammkautschuk sehr wertvoll, so daß sich das Studium ihrer sachgemäßen Anwendung bezahlt macht. Es muß aber bei Anwendung derselben größte Sorgfalt darauf verwendet werden, daß kein Anbrennen während des Mischvorganges oder einer anderen Handhabung vor der Vulkanisation erfolgt. Wenn diese Möglichkeiten vermieden werden, sind organische Beschleuniger ein wertvolles Hilfsmittel, doch ist eine sorgfältige Auswahl des Beschleunigers und der zuzusetzenden Mengen für die Erzielung eines zufriedenstellenden Gleich-

gewichtetes in der vorher beschriebenen Stufe 3 der Fabrikation, die bekanntlich die Entstehung der Gaszellen betrifft, wesentlich. Allgemein gesprochen, bewähren sich spät anspringende Beschleuniger am besten oder solche, die bezüglich des Einsetzens der Vulkanisation große Temperaturbereiche beherrschen.

Es erscheint zweckmäßig, das Problem der organischen Beschleuniger etwas eingehender zu erörtern. Obwohl es erforderlich ist, daß die Zell-



A



B



C

Abb. 844. Einfluß verschiedener Beschleuniger auf die Schwammstruktur

wände während der Expansion der Gaszellen möglichste Festigkeit besitzen, um einem Zerreißen zu widerstehen, darf die Plastizität der Masse nicht nachlassen, bis das Material hinreichend gebläht ist. Während rasche Verfestigung im Anfangsstadium der Heizung einen starken kleinzelligen Schwamm ergibt, wird langsame Entwicklung der Vulkanisation nicht nur den Fluß des Kautschuks begünstigen, sondern die Herstellung eines Schwammes mit größeren Zellen ermöglichen.

Der Einfluß, den die Einverleibung von Beschleunigern verschiedener Aktivität in eine gegebene Grundmischung hat, läßt sich aus Abb. 844 er-

sehen. M u s t e r A illustriert einen Schwamm, der bei Anwendung eines verhältnismäßig raschen Beschleunigers und dementsprechend rascher Verfestigung resultiert. Das Blähmittel hat sozusagen seine volle Kraft noch gar nicht entwickeln können, ein Schwamm mit feinen Poren entsteht. M u s t e r B stellt einen Schwamm dar, der unter Anwendung eines mittelstarken Beschleunigers hergestellt wurde, so daß die Blähung sich voll entfalten konnte, bevor die Verfestigung der Mischung das kritische Stadium erreicht hat. M u s t e r C. Die Blähung hat soviel früher als die Verfestigung stattgefunden, daß die plastischen weichen Zellwände zum Teil zusammengefallen sind.

Die Möglichkeit organische Beschleuniger mit den unterschiedlichen Eigenschaften zur Verfügung zu haben, hat die Mischtechnik für die Schwammkautschukfabrikation erheblich erweitert. Die Erfahrung, die man über die Verwendung organischer Beschleuniger bei der Herstellung anderer Kautschukwaren gewonnen hat, lassen sich als wertvolle Richtlinien für ihre Auswahl zwecks Herstellung von Schwammkautschukartikeln verwenden. Für allgemeine Zwecke wird ein Beschleuniger des Aldehydamintypes gute Ergebnisse zeitigen. Beschleuniger dieser Gruppe lassen sich oft ohne erhebliche Störungen in an sich festgelegten Mischungsrezepten anwenden. Derivate des Guanidins hingegen ergeben einen harten, zähen Schwamm mit kleineren Poren, sofern nicht die Menge des Blähmittels entsprechend erhöht wurde.

Wenn das richtige Gleichgewicht der Vulkanisation eingehalten wird, ist es nicht unbedingt erforderlich, sich auf verhältnismäßig schwache organische Beschleuniger zu beschränken, sondern man kann auch unter Anwendung von Ultra- oder Semi-Ultra-Beschleunigern ein sehr zufriedenstellendes und einheitliches Schwammmaterial erzielen, wie aus weiter unten zu erörternden Beispielen ersichtlich ist.

Die richtige Anwendung organischer Beschleuniger in der Schwammkautschukherstellung hat es ermöglicht, Schwammkautschuk von guten Alterungseigenschaften und in zweckmäßigerer Weise als bisher herzustellen, insbesondere wenn der Beschleuniger in Verbindung mit einem geeigneten Antioxydans Anwendung findet. Die Anwendung von Antioxydantien ist von allgemeinem Vorteil, ihr besonderer Wert liegt aber darin, daß man jeder Tendenz der Übervulkanisation der äußeren Schichten der Masse entgegenwirken kann. Bei Heißluftvulkanisation verhindern sie ferner die durch partielle Oxydation sich ergebenden üblen Folgen. Für Gegenstände, die leuchtend gefärbt sind, wie Toiletteschwämme, Badematten, Spielzeuge usw., deren Haut entfernt ist, bietet die Anwendung eines nicht fleckenden Antioxydans große Vorteile.

Wenn auch die Ergebnisse, die man durch die Anwendung charakteristischer organischer Beschleuniger und Antioxydantien erhält, ohne weiteres einleuchten, werden die Effekte, die sie bei der Mischung, dem Kalandrieren oder Profilieren ausüben können, nur allzu leicht übersehen. In diesem Zusammenhang darf nicht vergessen werden, darauf hinzuweisen, daß die Anwesenheit von Zinkoxyd in der Mischung zu Störungen Anlaß geben kann, da es bekanntlich auf Beschleuniger aktivierend wirkt, insbesondere bei solchen wie Carbanilin, das schon in

dem Anfangsstadium der Mischung hohe Zugfestigkeiten ergibt.¹¹ Eine ähnliche Aktivierung kann sich auch durch die Einführung eines Blähmittels ergeben, das bei der Erhitzung Ammoniak abgibt, insbesondere bei gleichzeitiger Anwesenheit von Zinkoxyd.

Bemerkt sei noch, daß gewisse Antioxydantien die Plastizität der unvulkanisierten Masse stark beeinflussen.

Erweicher

Organische Beschleuniger lassen sich auch mit Vorteil dazu verwenden, im vulkanisierten Material die nachteiligen Einflüsse zu beseitigen, die mitunter der erforderliche Zusatz von Erweichern mit sich bringen kann. Die meisten in der üblichen Kautschukindustrie angewandten Erweicher haben hin und wieder auch in der Schwammkautschukfabrikation Eingang gefunden. Aber auch hier ist eine sorgfältige Auswahl erforderlich, wenn man gute Ergebnisse erzielen will. Grundsätzlich muß zwischen solchen Substanzen unterschieden werden, die nur als Erweicher wirken und solchen, die die ausgesprochene Plastizität des Kautschuks beeinflussen. Pflanzenöle, wie Rapsamenöl, Baumwollsamensöl, finden sich in mäßigen Mengen in vielen deutschen Rezepten; sie geben ein weiches Produkt mit glatter Haut. Solche Substanzen wie Faktis, können, allgemein gesprochen, nur in kleinen Mengen Anwendung finden, insbesondere dort, wo alkalisch reagierende Blähmittel zur Verwendung gelangen. Palmöl ist ein guter Erweicher, weist aber deutlichen Geruch auf und färbt das Vulkanisat dunkler. Kolophonium, Kolophoniumöl oder Burgundy Pitch erhöhen die Klebrigkeit der unvulkanisierten Mischung. Der Zusatz von Kolophonium soll jedoch so niedrig wie möglich gehalten werden, da es die Alterungseigenschaften des fertigen Schwammes beeinträchtigt. Im Gegensatz hierzu läßt sich Cumaronharz gut verwenden und soll auch nach Z i m m e r m a n n in größeren Mengen ohne Gefahr des Ausschwitzens oder Ausblühens angewandt werden können. Der amerikanische Typus der Schwamm Mischung wendet einen, im Gegensatz zu dem Vorhergesagten, sauren Erweicher an, wie Stearinsäure oder Ölsäure. Hiervon werden auf Kautschuk berechnet 5 bis 10% eingemischt. Diese Erweicher verursachen bei Anwendung von Natrium oder Ammoniumbicarbonat als Blähmittel die Bildung von Kohlendioxyd und erhöhen dementsprechend die Gasentwicklung bei der Heizung. Ihre Anwendung bringt daher eine frühzeitige Entwicklung der Gaszellen mit sich, wodurch wieder niedrigere Vulkanisationstemperaturen Anwendung finden können. Demgemäß muß man insbesondere bei Anwendung von Ammoniumcarbonat dafür Sorge tragen, daß während der Lagerung oder Verarbeitung der Kautschukmischung nicht frühzeitiger und ungleicher Gasverlust auftritt.

Spätere Vorschriften haben öfters die Anwendung von Terpentin empfohlen, dessen Zusatz aber heute aus Gründen der Alterung nicht mehr empfohlen werden kann. Paraffinwachs oder Petrolatum geben bei nicht übermäßig großer Anwendung gute Resultate. Es darf nicht übersehen

¹¹ Twiss, D. F., J. Soc. chem. Ind. 40 (1921) S. 2461

werden, daß ein Erweicher, der hinreichende Flüchtigkeit besitzt, auch als Blähmittel in Frage kommt. Bei der Verwendung niedrigsiedender Paraffinkohlenwasserstoffe sei, im Zusammenhang mit oben Gesagtem, darauf hingewiesen, daß bei ihrer Anwendung ein harter einigermaßen brüchiger Schwamm mit fragwürdigen Alterungseigenschaften resultieren kann.

Neben der Erleichterung, die die Erweicher bei der Verarbeitung der unvulkanisierten Mischung mit sich bringen, kann eine sorgfältige Auswahl derselben und eine richtige Dosierung auch dazu beitragen, sehr zufriedenstellenden Fluß der Masse während dem ersten Stadium der Vulkanisation zu bewirken. Hierdurch wird die Form vor Einsetzen der Vulkanisation richtig ausgefüllt, wodurch wieder gleichmäßige Expansion gesichert wird. Die Anwendung eines klebrigen Erweichers hingegen, kann zu Schwierigkeiten führen, da der Fluß der Mischung während der Formung verzögert oder die Luft aus der Form nicht rechtzeitig entweichen kann.

Blähmittel

Die Substanzen, die für die Blähung des Kautschuks Anwendung finden sollen, haben wohl mehr Beachtung gefunden als irgend eine andere Komponente der Mischung. Diese Substanzen bilden die Grundlage einer Unzahl von Patenten und Geheimverfahren. Obwohl größere Erfahrung in der Kunst der Kautschukmischung gezeigt hat, daß viele der vorgeschriebenen Substanzen sehr fragwürdige Eignung oder zumindest eine nur sehr begrenzte Anwendungsmöglichkeit haben, verbleibt doch eine außerordentlich große Anzahl von Substanzen, die verschiedenste physikalische Eigenschaften besitzen oder die sich in der Art und Weise ihrer Wirkung unterscheiden.

Allgemein gesprochen kann jede Substanz, die in der Lage ist, Gas oder Dampf im Rahmen der üblichen Vulkanisationstemperaturen zu entwickeln, als Blähmittel bezeichnet werden, vorausgesetzt natürlich, daß die Substanz weder mit dem Kautschuk noch mit den anderen Füllstoffen chemisch reagiert.

Die bedeutendsten oder zumindest die allgemein üblichsten Blähmittel lassen sich wie folgt entsprechend der Art ihrer Wirkung in zwei Hauptgruppen einteilen:

Flüchtige Substanzen. Diese wirken durch Verdampfung bei der Vulkanisationstemperatur und können als für deutsche oder französische Rezepturen typisch bezeichnet werden. Zu ihnen gehört die Anwendung von Flüssigkeiten wie Tetrachlorkohlenstoff, Amylacetat, verschiedene Alkohole, Benzol, Toluol usw. Paraffinkohlenwasserstoff oder Kautschuklösungen verschiedenster Art und Mischungen zweier oder mehrerer von diesen in verschiedenen Verhältnissen. Manche von ihnen sind natürlich in Kautschuk unlöslich und es ist daher erforderlich, auf einwandfreie Einverleibung oder Einmischung zu achten, um gleichmäßige Verteilung zu erzielen und Verluste zu vermeiden. In manchen Fällen wird dies dadurch erreicht, daß die Mischung in geschlossenen Mischern vorgenommen wird, im allgemeinen erfolgt aber der Zusatz

durch Aufsprühen der Flüssigkeiten oder der Flüssigkeitsgemische auf die vorgewalzte Kautschukmischung auf gerieften Mischwalzen.

Einzelheiten dieser Operation und die hierbei zu beachtenden Vorichtsmaßregeln sind in einer Anzahl von Veröffentlichungen enthalten, die sich auf die deutschen und französischen Verfahren zur Herstellung von Toiletteschwämmen beziehen, wie beispielsweise L i n d e m a n n ¹² oder D u b o s c. ¹³

Blähmittel dieser Art sind sicher und verlässlich, wenn die Mischung Lagerung und Vulkanisationsbedingungen sorgfältig überwacht werden. Einige von ihnen, wie Tetrachlorkohlenstoff und Benzin usw., werden den Kautschuk erweichen und quellen und hierdurch die Plastizierung erleichtern. Andere wieder, wie die verschiedenen Alkohole und Wasser, ergeben auf Grund ihrer Unlöslichkeit in Kautschuk leicht Schwierigkeiten. D u b o s c bemerkt ¹⁴, daß 15 bis 30% des Kautschukgehaltes die übliche Proportion an Blähmittel darstellen.

In Anbetracht des verschiedenen Siedepunktes der angewandten Flüssigkeiten wird naturgemäß die Gasentwicklung von der getroffenen Auswahl abhängen. Wenn man daher Mischungen von verschiedenen Siedepunkten anwendet, läßt sich eine allmähliche Blähung bewirken, die sich mit Erhöhung der Temperatur während der Vulkanisation fortsetzt. Die Möglichkeit, daß man hierbei eutektische Mischungen herstellt, darf nicht außer acht gelassen werden. Flüssigkeiten mit hohem Siedepunkt verursachen ein Einschrumpfen des vulkanisierten Schwammes, ja von manchen wird behauptet, daß übermäßige Feuchtigkeit im Rohkautschuk die Ursache der Schrumpfung im vulkanisierten Produkt ist.

Chemikalien

Die zweite Gruppe der Blähmittel hängt von chemischer Dissoziation oder Zersetzung in Gase bei oder unter gewöhnlicher Vulkanisationstemperatur ab. Typische Substanzen, die heute Anwendung finden, sind z. B. Natriumbicarbonat, das Kohlensäure entwickelt, Ammoniumcarbonat oder -bicarbonat, die gleichzeitig auch Ammoniak abgeben, wohingegen Mischungen von Natriumnitrit und Ammoniumchlorid, die Stickstoff abgeben, oft dort Anwendung finden, wo rasche Blähung erwünscht ist. Die Vulkanisationstemperaturen, die zur Anwendung gelangen, sind etwas höher als für andere Blähmittel erforderlich. Sie schwanken zwischen 2,8 bis 4,2 Atü. Da Blähung und Vulkanisation nahezu gleichzeitig erfolgen, kann sehr leicht ein etwas schwerer und kleinporiger Schwamm resultieren. Natriumbicarbonat ist eine stabile Substanz und ist auf Grund seiner Herstellungsart in reiner Form und als klumpenfreies feines Pulver käuflich. Es läßt sich daher ohne Schwierigkeiten gleichmäßigst in die Schwammmasse verarbeiten. Die Verteilung läßt sich sogar dadurch noch erhöhen, daß man das Pulver vor Gebrauch

¹² Gummi-Ztg. 26 (1912) S. 600

¹³ Le Caoutchouc et la Guttapercha 24 (1927) S. 13 663

¹⁴ loc. cit.

trocknet und siebt oder in Form eines »master batch« zur Anwendung bringt. Berücksichtigt man die Ähnlichkeit zwischen der Schwammkautschukherstellung und der Bäckerei, so könnte man annehmen, daß saure Substanzen zwecks Entwicklung von Kohlensäure Anwendung finden sollten, so daß der Zusatz von Stearin- oder Ölsäure, die gleichzeitig plastifizierend wirken, besonders geeignet wäre. Bei Anwesenheit hinreichender Mengen derartiger Erweicher kann man bei geringeren Temperaturen und dementsprechend mit stärkeren Beschleunigern vulkanisieren. Schwammisierungen, die Natriumbicarbonat enthalten, lagern ausgezeichnet, und der Gasverlust ist hier bei gleichzeitiger Anwendung von Erweichern nicht annähernd so groß, wie bei Mischungen mit Ammoniumcarbonat.

Die Anwendung sogenannten Ammoniumbicarbonats für die Schwammkautschukherstellung geht zurück auf das Hancock'sche Patent von 1846. Trotzdem seine Anwendung in der Literatur vielfach zitiert ist, ist es nicht leicht, den tatsächlichen Verbrauch festzustellen. Die Substanz, die vermutlich Anwendung fand, ist das sogenannte »Rock Ammonia«, eine veränderliche Mischung von Ammoniumbicarbonat und Ammoniumcarbamat. Ammoniumcarbamat, das der prinzipielle Gasbildner frisch hergestellter Carbonate ist, dissoziiert leicht in eine Mischung von Ammoniak und Kohlensäure. Diese Reaktion, die bei gewöhnlicher Temperatur langsam vor sich geht, wird zwischen 30 bis 40° C stürmisch und ist bei 60° C beendet. Demzufolge ergibt sich in Schwammisierungen rasche Gasentwicklung, so daß große Poren leicht zustande kommen. Das marktgängige Produkt wird gewöhnlich in Klumpenform geliefert; die Zugabe zum gewalzten Kautschuk muß daher mit Sorgfalt vorgenommen werden. Es sei aber bemerkt, daß auf Grund seiner Löslichkeit Stückchen, die in einer unvulkanisierten Mischung festgestellt werden können, nicht unbedingt zu ungleichmäßiger oder lokalisierter Blähung führen müssen. Im allgemeinen genügt es, die Klumpen in ein grobes Pulver zu zerdrücken. In Anbetracht der verhältnismäßig niederen Zersetzungstemperatur muß die Einrichtung auf einer kalten Walze vorgenommen werden, und dennoch ist die Gefahr des Gasverlustes bei der Lagerung, dem Mischen oder Kalandrieren zu berücksichtigen, insbesondere bei Anwendung saurer Erweicher. In Anbetracht der beginnenden Zersetzung und Lösung im Kautschuk ergibt sich eine sehr einheitliche Bildung von Gaszellen nach der »Reifung«, wenn ein tatsächlicher Verlust an Gas vermieden wurde.

Wie sein Name besagt, besteht die marktgängige Ware aus einer Unzahl kleiner Kristalle, die aber der Luft ausgesetzt, sich mit einer Kruste weißen Pulvers überziehen. Dies beruht auf der Verwandlung von Ammoniumcarbamat in Ammoniumbicarbonat, das gegenüber Hitze viel beständiger ist und erst bei 60° C dissoziiert, also bei einer Temperatur, bei der Carbamat völlig verflüchtigt ist. Es ist daher zur Erzielung völliger Gleichmäßigkeit im Verhalten erforderlich, diese Kruste zu entfernen und für Aufbewahrung in verschlossenen Gefäßen bis zur Verwendung Sorge zu tragen.

Eine molekulare Mischung von Ammoniumcarbamat und Ammoniumbicarbonat enthält 32,5% Ammoniak, und käufliches Carbonat sollte diese Zahl annähernd erreichen; es soll einen Ammoniakgehalt von über 30% aufweisen. Da die äquivalente Zahl für reines Ammoniumbicarbonat nur 21,5% beträgt, wird eine Kontrollanalyse angeben müssen, wie weit die Verwandlung in Bicarbonat schon vorgeschritten ist.

Das echte Ammoniumbicarbonat (NH_4HCO_3) ist als weißes mehliges Pulver erhältlich und liegt in seiner Wirksamkeit zwischen »Rock Ammonia« und Natriumbicarbonat. Der erste tatsächliche Hinweis auf seine Verwendung scheint das amerikanische Patent A. P. 1 536 288/1925 von *Freedlander & Goodwin* zu sein. Infolge seines geringen Dampfdruckes kann eine damit hergestellte Schwammkautschukmischung ohne Gefahr des Gasverlustes längere Zeit gelagert werden. Einheitliche Verteilung während der Mischung ist aber schwierig, man kann diesen Übelstand dadurch verbessern, daß man das Pulver vorher mit einer kleinen Menge leichten Magnesiumcarbonats mischt und siebt.

*Norris*¹⁵ gibt als Möglichkeit zur Verbesserung der Verteilung die Anwendung von »Riso« an. Dies wird hergestellt, indem man das Carbonat in dem Verhältnis von 75 Teilen Carbonat zu 25 Teilen Spindelöl vermischt.

Ebenso wie das käufliche Ammoniumcarbonat ist das Ammoniumbicarbonat gegenüber der Anwesenheit saurer Beschleuniger empfindlich, ja sogar schon die Säure von Erweichern, wie Harzöle, beschleunigt die Gasbildung außerordentlich. Nach oben Gesagtem ist es klar, daß jedes am Markt erhältliche Ammoniumcarbonat, das für die Verarbeitung zu Schwammkautschuk bestimmt ist, einer sehr genauen chemischen Analyse unterworfen werden muß, und daß ferner bei der Lagerung dafür Vorsorge getroffen werden muß, daß keine Umsetzung in Ammoniumbicarbonat, wenn einheitliches Verhalten gewährleistet werden soll, erfolgt.

Eine weitere wichtige Gruppe gasbildender Agentien sind die Mischungen, die bei Zersetzung Stickstoff abgeben. Die gebräuchlichste dürfte eine Mischung von Natriumnitrit mit Ammoniumchlorid sein. Durch chemische Reaktion entsteht Ammoniumnitrit, das seinerseits wieder in Stickstoff und Wasser zerfällt. Da diese Reaktion exotherm verläuft, d. h. Hitze frei wird, wird sie bei Anwesenheit von Wasser oder Glycerin leichter kontrollierbar.

*Defries*¹⁶ hält es bei der Verarbeitung von Nitritmischungen für einen Nachteil, daß der entwickelte Stickstoff nicht rein ist und die anwesenden Stickoxyde mit dem Kautschuk reagieren und eine mit frühzeitiger Vulkanisation vergleichbare Erscheinung ergeben. *Defries* hat ferner gefunden, daß die hygroskopischen Eigenschaften des Natriumnitrits (feuchtes Material ist bekanntlich bei normaler Temperatur instabil) schon vor der Erhitzung zur Gasentwicklung führen, so daß die

¹⁵ I. R. W. (1929) Okt. S. 53

¹⁶ Trans. I. R. I. 6 (1930) S. 476.

»Vorvulkanisation« schon während der Lagerung erfolgen kann und selbst bei Lagerung in der Kälte die erforderliche Klebrigkeit der Mischung verlorengeht. Hinzu kommt noch, daß bei der Erhitzung der Schwammischung die Gasbildung viel rascher erfolgt, als mit anderen Blähmitteln. Diese Feststellungen, in Verbindung mit dem bereits erwähnten Verlust an Plastizität, können eine bedeutende Erhöhung des Abfalles zur Folge haben. Defries macht auch darauf aufmerksam, daß die Zersetzungsprodukte der Nitrite das Formenmaterial oder andere Teile der Anlage angreifen. Nichtsdestoweniger sind diese Gemische wertvoll, um eine gute Anfangsblähung und Einheitlichkeit der Porengröße zu liefern, sind aber in der Kautschukmischung unstabil, so daß auch hier kalte Walzen Anwendung finden müssen. Nach einiger Reifezeit zeigen sich bessere Ergebnisse. Es ist auch erforderlich, die richtigen Proportionen der beiden Ingredienzien zu wählen, insbesondere einen Überschuß an Nitrit zu vermeiden, da sonst sehr schlechte Alterung zu befürchten ist.

Die Füllstoffe und Blähmittel, wie sie in der Schwammkautschukfabrikation Anwendung finden, sind bis jetzt vornehmlich vom Standpunkt ihrer individuellen Eigenschaften betrachtet worden, aber wie bereits erwähnt, kann die Anwesenheit des einen Füllstoffes einen merklichen Einfluß auf die Wirkung eines anderen haben. Wenn also die Auswahl der am besten geeigneten Blähmittel ein einigermaßen schwieriges Problem zu sein scheint, und wenn man die vielen Alternativen berücksichtigt, so wird schließlich ein Faktor, wie die Sorte des herzustellenden Gegenstandes, seine Größe oder Form, die erwünschte Zellstruktur oder der Mischungstyp, mit dem schon frühere Erfahrungen gesammelt wurden, die endgültige Auswahl bestimmen. Das Ausmaß der Blähung wird weitgehend vom Plastizitätsgrad zur Zeit der Gasentwicklung als auch von der entwickelten Gasmenge abhängen. In manchen Fällen wird sich die Mischung zweier Substanzen empfehlen, beispielsweise die Mischung von Amylacetat und Alkohol, wie bei der Herstellung von Toiletteschwämmen bereits erwähnt, oder der Zusatz von Ammoniumcarbonat zu Natriumbicarbonat zwecks Vergrößerung der Poren oder die Anwendung von Natriumnitritmischungen in Verbindung mit Ammoniumcarbonat. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß eine amerikanische chemische Gesellschaft eine Mischung von »Schwammpaste« auf den Markt gebracht hat, die die Funktionen der Erweicher, Blähmittel, Beschleuniger und Antioxydantien in sich vereinigt.¹⁷

Typische Mischungen

Bevor wir in der Beschreibung der einzelnen Stufen der Herstellung fortfahren, scheint es zweckmäßig, erst auf die Prinzipien einzugehen, die die Auswahl und die Mengenverhältnisse der Mischungsbestandteile betreffen. Wir wollen dies durch Untersuchung einer Anzahl typischer Mischrezepturen für die Schwammkautschukfabrikation, die der Literatur entnommen sind, tun. Es dürfte auch von Interesse sein, diese mit

¹⁷ I. R. W. (1930) Aug. S. 88

den in der historischen Einleitung angegebenen zu vergleichen, unter Berücksichtigung des Umstandes, daß diese die ersten Schwammkautschukrezepturen repräsentierten.

Zweifellos werden zwei Faktoren, nämlich die Art der Vulkanisation und die gewünschte Schwammsorte, auf die anzuwendende Mischung den größten Einfluß haben. Wenn daher diese festgelegt sind, verbleibt lediglich das Problem, ein zufriedenstellendes Gleichgewicht zwischen der Vulkanisationsgeschwindigkeit und der Geschwindigkeit der Aufblähung festzulegen. In der Praxis kann man das richtige Gleichgewicht durch einige sorgfältig kontrollierte Experimente rasch ermitteln. Es muß sich somit bald ergeben, ob man Verbesserungen leichter durch Angleichung der Mengen oder durch Abänderung der Arten des Blähmittels oder durch die Vulkanisation der Mischung erzielen kann.

Die erste Auswahl gibt typische deutsche oder französische Rezepturen für den Toiletteschwamm wieder, die den Angaben von H. und F. de P o i x ¹⁸, P. W. H u t c h i n s o n ¹⁹ und A. D u b o s c ²⁰ und L i n d e m a n n ²¹ entnommen sind.

D e P o i x		L i n d e m a n n	
Parakautschuk	50.00	Parakautschuk	46.00
Goldschwefel	10.00	Goldschwefel (2% freier S)	6.00
Schwefel	3.20	Schwefel	3.00
Zinkoxyd	14.00	Zinkoxyd	7.90
Kaolin	16.00	Kreide	9.00
Gerstenmehl	4.00	Lithopone	15.00
Sonnenblumensamenöl	1.40	Schwerspat	4.00
Olivenöl	1.40	Magnesiumcarbonat	2.00
Amylacetat	2.00	Kalk	0.10
Anilin	1.00	Weizenmehl	4.00
Wasser	20.00	Olivenöl	1.50
Denaturierter Alkohol	76.00	Rizinusöl	1.50
	200.00		100.00

Dem Rezept L i n d e m a n n wurden folgende Blähmittel zugefügt:

Alkohol (90%)	1000	Teile
Anilin	10	"
Amylacetat	20	"
Wasser	200	"

Die große Zahl von Zusatzstoffen, die in diesen beiden Rezepturen Anwendung findet, ist beachtenswert. Kaolin, Gersten- oder Weizenmehl dient als absorbierender Zusatz, Oliven-, Rizinus- und ähnliche Pflanzenöle als Erweicher. Wenn auch die Mischungen in den einzelnen Details

¹⁸ loc. cit.

¹⁹ Rev. gén. Caout. Februar-März 1930 S. 23

²⁰ loc. cit.

²¹ Gummi-Ztg. 26 (1912) S. 600

Schwammkautschuk- ball	Schwammkautschukball (Defries)
Pale Crepe 100.00	Kautschuk 100.00
Kreide 65.00	Harzöl 8.00
Zinkoxyd 5.00	Paraffin 20.00
Roter Farbstoff 4.00	Weißer Faktis 16.00
Natriumbicarbonat 5.00	Zinkoxyd 5.00
Petrolatum 8.00	Kreide 15.00
Stearinsäure 8.00	Schwefel 3.00
Thionex 0.125	Gereinigter Weinstein 21.00
Schwefel 3.00	Natriumbicarbonat 9.00
Neozone »A« 1.00	Diphenylguanidin 2.00
<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 199.125	<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 199.00

Die letzten beiden aufgeführten Mischungen repräsentieren typische Schwammkautschuk-Ballmischungen, die letztere ist einer Arbeit von Defries²² über nicht berstende Bälle entnommen und deshalb bemerkenswert, weil sie eine ausgesprochen große Menge von weißem Faktis aufweist, von dem bereits mitgeteilt wurde, daß er nur dort Anwendung finden soll, wo man mit Absicht die Schwammbildung verzögern will. In diesem Fall muß seine Zugabe als Äquivalent für die Anwendung langsam anspringender Beschleuniger, wie sie in den amerikanischen Rezepturen zu finden sind, angesehen werden.

Herstellungsweise

Wenn auch die Einzelheiten der allgemeinen Herstellung auf der Art der angewandten Mischung beruhen, so kann man dennoch verallgemeinernd über einzelne Punkte sprechen, die zur Erzielung einwandfreier Resultate bedeutungsvoll sind.

Die sorgfältige Auswahl und Verschneidung des angewandten Rohkautschuks ist bereits früher eingehend besprochen worden. Wenn auch für manche Rezepte eine Vormastikation nicht grundsätzlich ist, so ist im allgemeinen als erste Grundregel ein gründliches Niederbrechen des Kautschuks zu berücksichtigen. Selbstverständlich wird die Größe des Ansatzes von der angewandten Walzenart und -größe abhängen, darf aber nie zu groß sein, da sonst ein wirksames Niederbrechen des Kautschuks erschwert wird. Wenn auch in früheren Literaturhinweisen von Chargen mit einem Gewicht von 5 bis 6 kg unter Anwendung starker Wasserkühlung die Rede ist, so kann man heute schon erheblich größere Chargen zufriedenstellend bearbeiten. Es ist selbstverständlich erforderlich, den Kautschuk während der Mastikation so kalt wie möglich zu halten; zu diesem Zweck kann man dem Kautschuk kaltes Wasser zufügen oder sonst geeignete Vorkehrungen treffen. Man kann aber auch den Kautschuk einer neuerlichen Walzung unterwerfen, wenn er bis zu seiner Abkühlung und »Erholung« gelagert wurde. Defries²³ emp-

²² Trans. I. R. I. 6 (1931) S. 475

²³ loc. cit.

fiht unter Berücksichtigung weitestgehender Plastizierung die Anwendung von gekühltem Wasser wo nur möglich.

Um die Zeit der Mastikation zu verkürzen, empfiehlt A. Dubosc²⁴ eine der Walzung vorangehende Depolymerisation durch Erhitzung des Kautschuks für mehrere Stunden in einer Kohlensäureatmosphäre auf 120° C. Es empfiehlt sich, zwecks Kontrolle des Depolymerisationsgrades Viskositätskontrollen vorzunehmen.

Für eine einheitliche Blähung ist von ausschlaggebender Bedeutung, daß die Endplastizität des vorgewalzten Kautschuks so einheitlich wie möglich ist und empfiehlt es sich, hierfür Kontrollprüfungen mittels geeigneter Plastometer vorzunehmen. Obwohl der Fluß des Kautschuks mitunter durch Erhöhung der Zusatzmenge an Blähmittel gesteigert werden kann, sei darauf hingewiesen, daß derartige Maßnahmen eine wirksame Mastikation nicht ersetzen können und die sich daraus ergebende Ungleichmäßigkeit würde sich während der Vulkanisation entweder durch ungleichmäßige Blähung oder Faltenbildung der Haut bemerkbar machen. Der Grad der Vorwalzung des Kautschuks vor Einverleibung der anderen Füllstoffe hängt zwar von der herzustellenden Schwammsorte ab, wird aber immer größer sein müssen als bei der Verwalzung von Kautschuk für andere Zwecke. Als typische Plastizität kann man 2,5 bei Verwendung eines William-Plastometers bei 70° empfehlen. Defries empfiehlt unter Anwendung einer Charge von äußerst 40 bis 50 lbs. eine Vorwalzung von 40 Minuten. Im I. R. J.²⁵ wird bei einer Gesamtcharge von 50 bis 60 lbs. und kalten Walzen im Ausmaße von 36 × 16 Zoll eine Vorwalzzeit von 60 Minuten vorgeschrieben. Das Dupontsche Laboratorium empfiehlt bei Anwendung einer so eng wie möglich gestellten 60-Zollwalze und einer 25-lbs.-Charge eine Walzzeit von 40 bis 60 Minuten. Diese Beispiele sollen lediglich als Hinweise aus der Praxis dienen. Wenn nicht durchweg vorgewalzter Kautschuk Anwendung findet, so soll der ausgewählte Kautschuk auf kalten enggestellten Walzen tüchtig durchgeknetet werden; wenn der erwünschte Mastikationsgrad erreicht ist, soll man die Walzen etwas öffnen und die Erweicher zufügen, dann erst erfolgt der Zusatz der anderen Pulver und Farbstoffe und erst zum Schluß werden Beschleuniger und Schwefel zugegeben. Es ist zweckmäßig, den Beschleuniger zwecks besserer Verteilung vor den pulverförmigen Zusätzen beizumischen, oder man wendet einen Masterbatsch gleicher Plastizität als der des angewandten Kautschuks an.

Die Reihenfolge, in der die Zusätze gemacht werden, beeinflußt in gewissem Grade die schließlich erzielten Schwammsorten. Es empfiehlt sich daher, immer eine prinzipiell festgelegte Zusatzfolge einzuhalten. Werden Schwämme mit kleinen oder mittelmäßigen Poren gewünscht, so kann man Erweicher, Pigment und Blähmittel gleichzeitig zufügen. Schwefel soll aber immer zum Schluß eingemischt werden, um die Gefahr des Anbrennens zu vermeiden, da sonst der Kautschuk während der Blähung nicht mehr richtig zu fließen imstande ist.

²⁴ Le Caoutchouc et la Guttapercha (1926) S. 13 375

²⁵ I. R. J. 75 (1928) S. 865

Sollten die Mengen zugesetzten Erweichers groß sein, so wird man auf Grund der Weichheit der Mischung mitunter Schwierigkeiten bezüglich des wirksamen Niederbrechens und bezüglich der gleichmäßigen Verteilung des Blähmittels haben. In solchen Fällen empfiehlt es sich, anfänglich nur einen Teil des Erweichers dem Kautschuk zuzusetzen und den Rest mit den Füllstoffen zu verteilen.

Wenn man flüchtige Blähmittel, wie Amylacetat oder Alkohol, anwendet, so empfiehlt es sich, eine besondere Mischmethodik einzuschlagen. Der vorgewalzte und gekühlte Kautschuk wird bei stark gekühlten Walzen vorsichtig weiter geknetet, währenddem man das flüchtige Blähmittel langsam auf den Kautschuk aufsprüht. Die Geschwindigkeit des Zusatzes muß mit größter Sorgfalt kontrolliert werden, ebenso wie dafür Vorsorge zu treffen ist, daß der Kautschuk während der Zugabe keine nennenswerte Temperaturerhöhung erfährt. Wird zu rasch zugefügt, so ergeben sich Schwierigkeiten in bezug auf die Aufnahme der Flüssigkeit durch den Kautschuk, wird zu langsam zugefügt, besteht die Gefahr der Verdampfung. Um die bessere Vermischung des Kautschuks zu erleichtern, sind die Walzen vielfach gerieft, mitunter werden aber auch geschlossene Teigknetter für den Zusatz der flüssigen Blähmittel vorgezogen.

Besondere Vorsicht ist geboten, um während des Mischvorganges die Einarbeitung von Luft zu vermeiden, da diese während der Vulkanisation zur Entstehung größerer Blasen Anlaß gibt. Mischungen, die für Toiletteschwämme bestimmt sind, sollen von den Walzen in Platten abgeschnitten werden, die schon annähernd die gewünschte Form aufweisen. Diese Platten überzieht man mit einer verhältnismäßig dicken Schicht von Rizinusöl. Mitunter werden die Platten zwecks Vermeidung eines Gasverlustes durch Verdampfung während der Lagerung mit einer Kautschuklösung überzogen. Allgemein empfiehlt es sich, eine Platte bis zur Vulkanisation an möglichst kühler Stelle zu lagern.

Lagerung der Kautschukmischung

Wenn auch die individuellen Erfahrungen in bezug auf die Lagerung der Kautschukmischungen etwas verschieden sind, so ist man heute allgemein der Auffassung, daß eine möglichst kurze »Reife«-Zeit zwischen Mischung und Vulkanisation zu empfehlen ist, wenn auf einheitliche Zellbildung Wert gelegt wird. Diese Zeitspanne variiert zwischen 18 und 24 Stunden; hierauf kann man die Mischung zwecks weiterer Erhöhung der Homogenität nochmals zwischen engstgestellten Walzen verfeinern.

Das Verhalten von Schwammkautschukmischungen, die kurz nach der Mischung vulkanisiert werden, ist außerordentlich verschieden. Manche geben bei einer derartigen Behandlung außerordentlich große Poren; im Gegensatz hierzu steht allerdings eine Mitteilung der B. F. G o o d r i c h C o. bezüglich Toiletteschwämmen²⁶, die besagt, daß eine zehntägige Reifezeit erforderlich wäre, bevor man überhaupt von einer zufriedenstellenden Schwammbildung sprechen könnte. Eine »Reifung« mit darauf-

²⁶ I. R. W. (1929) Aug. S. 79

folgender Überwalzung ist überall dort von unzweideutigem Vorteil, wo man es mit einem Kautschuk zu tun hat, der ungleiche Poren oder eine stark gefaltete Haut ergibt. Diese neuerliche Walzung gestattet ferner, mehrere Chargen von Mischungen zu verschneiden, wodurch die Gesamtmenge an Kautschuk, der während der Vulkanisation einheitliches Verhalten zeigt, erhöht wird. D e f r i e s²⁷ schlägt vor, daß man für eine Tagesproduktion ausreichende Mengen verschneiden sollte, woraus sehr deutlich die Bedeutung einheitlichen Materials für die Vulkanisation herauszulesen ist.

In vielen Fällen läßt sich das fertige Produkt direkt aus den gezogenen Fellen herstellen, obzwar diese Felle mitunter wegen ihrer Weichheit schwer zu handhaben sind. Aus demselben Grunde empfiehlt es sich, die Felle nach ihrem Auswalzen und vor der Heizung auf mit Zink ausgeschlagenen Tischen oder Gestellen zu lagern.

Das Spritzen oder Kalandrieren benötigt keiner besonderen Hinweise, da eine einwandfrei hergestellte Schwammkautschukmischung sich ohne Schwierigkeiten einheitlich und glatt profilieren oder kalandrieren läßt. Wesentlich ist, daß die fertige Mischung soweit wie möglich schon die Konturen des herzustellenden Gegenstandes besitzt, so daß einheitliche Expansion in der Form oder Presse gewährleistet wird, und ein übermäßiger Fluß an irgendeiner Stelle vermieden wird. Für die Herstellung von Toiletteschwämmen aus Platten haben verschiedene Autoren, wie Lindemann, Dubosc, de Poix, Hutchinson, eine Vorpressung der von der Walze geschnittenen Platte in Formen empfohlen, die dem endgültigen Produkt an Dimensionen gleich sind. Mitunter wird sogar der Kautschuk unter Druck in den Formen bis kurz vor der Vulkanisation belassen. Die geformten Stücke sollen auch zumindest stich- und probeweise gewogen werden, um ein gleiches Gewicht des Materials zu sichern. In der Praxis werden oft mit kleinen Mengen der Mischung Vorversuche angesetzt, bevor dieselbe für die Großfabrikation freigegeben wird. Hierdurch läßt sich größere Fehlfabrikation und dementsprechend großer Abfall leicht vermeiden. Wenn sich auch nicht alle Mischungen gleich verhalten, so hat sich doch erwiesen, daß eine weitere Reifung der gewogenen Stücke vor der Vulkanisation öfters die Erzielung einheitlichen Schwammmaterials begünstigt.

Vulkanisationsmethoden

Am besten lassen sich die Vulkanisationsmethoden beschreiben, indem man im Detail die Methoden erörtert, wie sie für die Herstellung typischer Schwammkautschuksorten angewandt werden.

Toiletteschwämme, die nach dem sogenannten deutschen Verfahren hergestellt werden, vulkanisiert man im allgemeinen in offenem Dampf unter Bedingungen, die eine sehr genaue Kontrolle aller Vulkanisationsstufen zulassen. Die Methode wurde ursprünglich von H. Lindemann²⁸ beschrieben und ist seither mit einigen Abänderungen von

²⁷ loc. cit.

²⁸ Gummi-Ztg. 26 (1912) S. 600; I. R. J. 43 (1912) S. 283

verschiedenen Autoren erwähnt worden. Ein älterer Hinweis auf dieses Verfahren findet sich in einem anonymen Beitrag in der Gummi-Ztg.²⁹

Wie bereits erwähnt, ist es wünschenswert, daß das unvulkanisierte Material schon in richtiger Dimensionierung vorliegt, zu dem Zwecke es vorgepreßt wird. Die Mischung wird, nachdem sie von der Walze als Fell abgeschnitten ist, unter einer Presse in rechtwinklige Form gebracht, so daß sie ungefähr 23 mm hoch, 60 cm lang und 30 cm breit ist. Es ist von Bedeutung, daß das Material diese Form aufweist, da die Platte, sofern sie zu lang oder zu breit ist, während der Vulkanisation gegen die Wände des Kessels stößt und durch Expansion ihre Form verliert. Ist der Kuchen höher oder niedriger als angegeben, so wird die Vulkanisation nachteilig beeinflusst, und es resultiert ein unter- oder übervulkanisiertes Produkt. Das vorgeformte »Brot« wird mit Benzin gründlich gereinigt und ebenso gründlich mit Rizinusöl bestrichen. Hierauf wird es mit feinem weißem

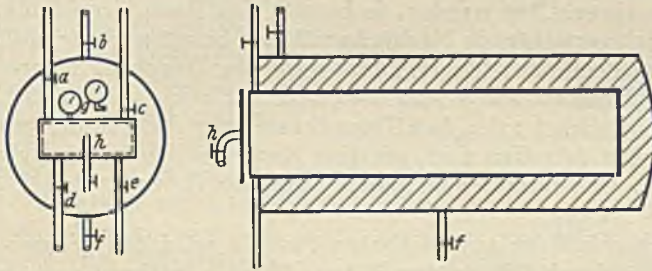


Abb. 845. Vulkanisation nach dem »Lindemann«-Verfahren

- a) Dampfeintritt zum Innenautoklaven
- b) Dampfeintritt zum Außenmantel
- c) Wassereinlaßventil
- d u. e) Abflbahn für den inneren Autoklaven
- f) Abflbahn für den Außenmantel
- g) Druckventil
- h) Ueberlaufrohr

Seidenpapier, das an den Kanten gut gefaltet ist, bedeckt. Die Unterseite des Brotes, die während der Heizung auf einem feinen Metallgewebe liegt, darf nicht bedeckt werden. Das Brot wird schließlich noch mit einer Lage feinst gewebten stramm angelegten Tuches, das keine Falten aufweisen darf, bespannt. Die Vulkanisation erfolgt in einer doppelwandigen Pfanne (Abb. 845). Sowohl die Pfanne als der Mantel sind mit voneinander unabhängigen Dampfzuführungen versehen, die innere Pfanne weist ein loses perforiertes Blech oder Wanne auf, die zur Aufnahme des Schwammaterials dient. Dasselbe wird in Gitter oder in Metallgaze gelegt, und wie erwähnt, mit einem leichten Tuch bedeckt. Eisenstäbe dienen als Distanzhalter und sind dazu bestimmt, den endgültigen Fluß des fertigen Schwammfelles zu regulieren. Der innere Behälter ist mit einer Wasserzufuhr (c) und mit einem Überlaufrohr (h) versehen, so daß man sie mit Wasser bis zu einer vorbestimmten Höhe füllen und dasselbe mittels der Ablaufhähne jederzeit zum Ablauf bringen kann. Die

²⁹ Gummi-Ztg. 24 (1910) S. 967

Anlage wird mit Dampf vorgeheizt, um die Gefahr einer Kondensation zu vermeiden, das Blech mit dem Schwammmaterial rasch eingeführt und der Kessel verschlossen. Hierauf werden die Ablaufhähne (d bis e) sowie die Dampfzufuhr abgeschlossen und Wasser solange zugeführt bis es durch den Überlauf (h) austritt. Hierauf wird auch dieser geschlossen. Dann wird der Druck in der inneren Pfanne so rasch wie möglich auf 4,7 Atü (150° C) gesteigert, wozu äußerst zwei Minuten benötigt werden dürfen. Der Dampfdruck im Mantel wird auf 3,8 Atü. (141° C) gehalten. Die Kautschukmischung wird auf diese Weise einheitlich geheizt, währenddem sie sich unter Wasser befindet, dessen Temperatur ungefähr der des äußeren Dampfmantels entspricht. Der Druck ist aber tatsächlich 0,9 Atü höher, so daß zwar Anvulkanisation erfolgt, die Expansion der Schwamm-masse aber durch den Überdruck verhindert wird. Diese Stufe der Vulkanisation, die sehr genau kontrolliert werden muß, wird 37 Minuten lang innegehalten. Die erwähnten Dampfdrucke müssen während dieser Zeit genau eingehalten werden, da bereits eine Dampfdruckänderung von $\frac{1}{10}$ Atü schwerwiegende Nachteile mit sich bringt und zur völligen Zerstörung des Produktes führen kann, wenn der Druck im inneren Mantel für einige Minuten auf 4 Atü steigt. Es ist auch wesentlich, daß der Autoklav möglichst nahe dem Dampfkessel zur Aufstellung gelangt und Vorkkehrungen getroffen sind, um eine Kondensation in der Zuleitung zu verhindern. Der Kessel muß einen Dampfdruck von 6 bis 7 Atü aufweisen.

Nach Abschluß der vorerwähnten Periode wird das Wasser von den Tragblechen durch Öffnen der Hähne d und e entfernt und der Druck in der inneren Pfanne bis auf 2 Atü abgeblasen. Gleichzeitig wird der Dampfdruck im äußeren Mantel auf 3 Atü reduziert, so daß er etwas höher als der in der inneren Pfanne ist. Nach Erzielung dieser Bedingungen beginnt, vom Zeitpunkt des Wasserablassens an gerechnet, die zweite Heizperiode von 83 Minuten. Diese zweite Heizperiode, die durch den etwas höheren Dampfdruck des äußeren Mantels gegenüber dem inneren Behälter gekennzeichnet ist, garantiert eine gleichmäßige Verdampfung des flüssigen Blähmittels und die Bildung des Schwammes. Die Heizung wird nun bis zur zufriedenstellenden Vulkanisation fortgesetzt, wofür durch Vorversuche die genaue Zeit festgelegt werden muß.

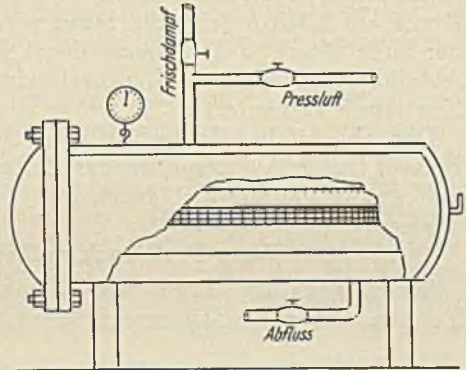
Um nun eine weitere Ausdehnung des Schwammes, während der Druck im Autoklaven abgelassen wird, zu verhindern, wird der Druck auf der inneren Pfanne rasch auf $5\frac{1}{2}$ Atü (154,5° C) gesteigert, $\frac{1}{2}$ Minute hierauf belassen und dann bis zur Erzielung atmosphärischen Druckes allmählich abgeblasen. Sobald der Druck auf 0 reduziert worden ist, wozu eine Gesamtheizzeit von ungefähr 120 Minuten erforderlich war, wird die Pfanne geöffnet, das Schwamm-brot entnommen und sofort in eine kochende 3 bis 4proz. Ätznatronlösung, die frei von Kalk sein muß, eingebracht. Nachdem das Brot für einige Minuten in dieser Lösung gelegen hat, wird es derselben entnommen und anfänglich bei geringem Druck durch breite große Wringwalzen geführt. Hierauf wird es abermals in die kochende Lösung verbracht und der Vorgang mit gesteigertem Druck wiederholt, bis sämtliche Poren des Brotes zerrissen sind und die Masse

wieder ihre volle Ausdehnung aufweist. Dann wird das Brot in Wasser gekocht und das Wringen wiederholt, bis die letzten Poren frei von Alkali sind. Das Material wird dann in die gewünschte Form geschnitten und ist nach Behandlung mit Parfüm verkäuflich. Die oben erörterten Zeiten dürfen natürlich nur als Annäherungswerte aufgefaßt werden und sind lediglich als Hinweise für die einzelnen Stufen dieser etwas schwierigen Serie von Manipulationen zu werten. Die exakte Zeitspanne, die für jede Stufe erforderlich ist, läßt sich nur durch Vorversuche, die in der normalen Anlage ausgeführt werden müssen, ermitteln.

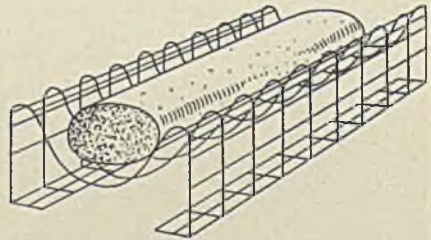
In der ersten Stufe wird die Schwammmasse allmählich plastiziert und erhitzt, so daß bei der Vulkanisation in der zweiten Stufe einheitliche Porenbildung resultiert. Da der Dampfdruck der inneren Pfanne während der ersten Stufe höher ist als der des äußeren Mantels, wo der Dampf lediglich den Zweck hat, das im Mantel enthaltene Wasser zu erhitzen, wird die Verdampfung des Blähmittels verhindert, und zwar solange, bis bei Ablauf der ersten Stufe die Drucke ausgeglichen werden bzw. sobald der Druck im äußeren Mantel etwas höher ist als der im inneren, nachdem das Wasser abgelassen wurde.

Nach zufriedenstellender Vulkanisation wird die weitere Expansion des Schwammes, die bei einer plötzlichen Verminderung des Druckes in der inneren Pfanne sich ergeben würde, dadurch verhindert, daß der Druck in der inneren Pfanne plötzlich erhöht wird, so daß wieder eine kompakte Masse entsteht, die trotz der bereits erfolgten Vulkanisation infolge ihrer Temperatur noch hinreichend klebrig ist, um die Zellen vorübergehend zu verkleben. Ist die Periode der Vulkanisation nicht hinreichend lang, so werden die Zellen in dem darauffolgenden Wringen noch aneinander kleben, ist sie jedoch zu lang, so wird der Schwamm infolge Überheizung, außer einer Verfärbung, zerreißen.

Die vorhin erwähnte Methode der B. F. G o o d r i c h ³⁰ ist, wenn auch weniger kompliziert, prinzipiell der soeben beschriebenen vergleichbar.



a)



b)

Abb. 846. Vulkanisation nach dem „Goodrich“-Verfahren

a) Flüssigkeits-Druckpfanne

b) Korb für die Aufnahme des Schwammes

³⁰ loc. cit.

Die Schwammischung wird nach der Reifung in einem ovalen Querschnitt von $1\frac{1}{4}$ bis $3\frac{1}{4}$ Zoll gespritzt und in rechteckigen Drahtkörben, die mit Baumwolltuch ausgeschlagen sind, vulkanisiert.

Ein auf Flüssigkeitsdruck beruhender Vulkanisationskessel (Abb. 846) wird hier zur Anwendung gebracht. Während 15 Minuten wird Dampf eingeleitet, während welcher Zeit der Druck auf 0,3 Atü steigt. Während weiterer 15 Minuten wird der Druck allmählich auf 0,7 Atü gesteigert. Nach dieser Vorheizung wird während der nächsten $2\frac{1}{2}$ Stunden der Druck auf 3,3 Atü gebracht. Dann wird der Dampfeintritt abgestellt und der volle Druck in der Pfanne durch komprimierte Luft bis zur völligen Abkühlung beibehalten. Hierdurch wird das Aufplatzen der Gasblasen im Kautschuk verhindert.

Der abgekühlte Kautschuk zeigt lediglich eine Unzahl gasgefüllter Blasen. Durch Aufschneiden der Enden der Rolle wird das Gas in Freiheit gesetzt, unterstützt durch eine darauffolgende Wringung zwischen Walzen.

Unter Preßdruck vulkanisierte Schwämme

Wenn auch die Freidampf-Vulkanisation bei der Herstellung von Toiletteschwämmen allgemein üblich ist, und zwar vornehmlich wegen der hierbei erzielbaren gleichmäßigen und weichen Struktur, werden dennoch viele Schwämme, insbesondere die in Fellform hergestellten, in üblichen Plattenpressen geheizt. Wenn auch hierbei ein Schwamm mit etwas anders gearteter Schwammstruktur entsteht, weist diese Methode viele kompensierende Vorteile auf. Die Unterschiedlichkeit zwischen Preßdruck- und freier Dampfvulkanisation läßt sich durch Abb. 847 darstellen. In Abb. 847 zeigt A das Ergebnis einer Dampfheizung, hingegen B dieselbe Mischung in der Plattenheizung. Die größere Einheitlichkeit der Zellformation aus Muster A ist ohne weiteres ersichtlich.



A



B

Abb. 847. Verschiedenheit der Schwammstruktur bei Preßdruckheizung oder Heizung frei im Dampf

Wenn man Schwammfelle in Plattenpressen heizt, muß man wegen der Weichheit des unvulkanisierten Materials und wegen seiner Klebrigkeit besonders darauf achten, daß die

Luft frei entweichen kann, vor allem wenn die Berührungsflächen mit der Presse groß sind. Außer der gründlichen Bestäubung der Mischung mit Speckstein oder Stärke oder durch Bestreichen mit einem nicht trocknenden Öl, wie Oliven- oder Rizinusöl, empfiehlt es sich, die Oberfläche der Plattenpresse mit einem dichten Gewebe zu überziehen. Mitunter wird die untere Platte mit einem Asbestgewebe bedeckt, um eine allmähliche möglichst gleichmäßige Heizung zu gewährleisten, und die Tatsache zu kompensieren, daß die Mischung mit der oberen Platte erst nach erfolgter Blähung in Berührung kommt. Man kann sich auch dadurch helfen, daß man den Dampfdruck der oberen Platte etwas höher hält.

Um eine Schädigung der Felle durch die Eisen oder Rahmen zu verhindern, die als Begrenzung des Schwammes dienen, wendet man im allgemeinen etwas geringere hydraulische Drucke als sonst an. Man rechnet allgemein mit einem Druck von 3,5 bis 7 kg/cm². Selbstverständlich muß der Druck ausreichend sein, um dem durch die Blähung der Mischung entstehenden Druck ein Gegengewicht zu bieten. Die Vulkanisationsdrucke variieren mit der Dicke der Felle und der Art der Mischungen, liegen aber im allgemeinen zwischen 2,8 bis 4,2 Atü. Dünne Felle können bei höherem Druck geheizt werden, dickere hingegen sollte man bei niedrigerem Druck heizen, so daß das Material voll expandieren kann, bevor die Heizung der den Platten nahe liegenden Teilen zu weit vorgeschritten ist. Auf Grund der Schwierigkeiten, die in der Erzielung der besten Konditionen liegen, weisen die meisten unter Preßdruck geheizten Schwämme eine zunehmende Porenvergrößerung nach dem Innern auf.

Herstellung geformter Schwämme

Wenn auch viele geformte Artikel aus Fellen durch Schneiden und Stutzen mit Scheren hergestellt werden, empfiehlt es sich, kleinere geformte Gegenstände direkt durch Formung herzustellen. Für kleinere Artikel lassen sich Eisen- oder Stahlformen anwenden, wobei die sonstigen Vorschriften annähernd denen der Preßvulkanisation entsprechen. Für größere Gegenstände empfehlen sich Aluminiumformen, insbesondere wegen der hohen Leitfähigkeit und niedrigen Wärmekapazität. Es ist für hinreichende Möglichkeiten des Luftaustrittes oder der anderen Gase zu sorgen, ebenso wie der Kautschuk als auch die Form reichlich geölt werden müssen.

Typische, für diese Art der Herstellung geeignete Mischungen lassen sich aus der von Defries³¹ gegebenen Darstellung der Fabrikation nicht berstender Gummibälle entnehmen.

Die Mischung wird in Stücken gewünschter Größe und Gewicht geschnitten, wobei besonders darauf zu achten ist, daß scharfe Ecken vermieden werden, die sich sonst bei der Vulkanisation umlegen würden. Bevor die gewogenen und geformten Stücke in die Form eingebracht werden, sollen sie, sofern es sich um eine Natriumbicarbonatmischung handelt, mit Champagnerkreide eingestäubt werden. Wenn aber ein Bläh-

³¹ loc. cit.

mittel vom Typus des Ammoncarbonats Anwendung findet, ist zu bedenken, daß die Gasentwicklung bei viel niedrigerer Temperatur erfolgt, und da die Expansion viel rascher vor sich geht, als die Vulkanisation, ergibt sich eine sehr dünne Haut. Neigt die Mischung daher auch im anvulkanisierten Zustand zu Klebrigkeit, so besteht die Gefahr ungleichmäßiger Blähung und unzufriedenstellender Formgebung. Um dies zu verhindern, wird der Kautschuk einer schwachen Kaltvulkanisation, entweder im Dampf in einem kleinen Ofen oder durch Eintauchen der geformten Masse in ein Bad von schwacher Schwefelchlorürlösung, unterworfen. Hierdurch wird ein dünner nicht klebender Film von vulkanisiertem Kautschuk gebildet, der bei der Expansion nicht an der Form klebt, hierdurch den Austritt der Luft oder anderer Gase erleichtert und gleichmäßige Blähung zuläßt. Das Formmaterial benötigt bei Einhaltung dieses Verfahrens auch weniger Reinigungsarbeit. Die tatsächliche Vulkanisation dieser Schwammfelle läßt sich entweder in freiem Dampf oder in »daylight« Pressen vornehmen, wobei Einzelformen oder mehrzellige Formen Anwendung finden können. Als beste Kombination wird freier Dampf und Einzelformen empfohlen, die durch eiserne Klammern zu einer größeren Anzahl zusammengefaßt werden können.

Dies hat den Vorteil, daß bei Beschädigung einer einzelnen Form dieselbe leicht ersetzt werden kann, wohingegen bei Beschädigung einer für mehrere Bälle bestimmten Heizform die ganze Heizplatte zwecks Reparatur ausgebaut werden müßte. Diese letzten haben ferner den Nachteil, daß das Öffnen derselben, solange sie noch warm sind, leicht Schwierigkeiten bereitet. Da mit einem erheblichen Druck in den Formen zu rechnen ist, muß für sehr stramme Befestigung gesorgt sein. In der Originalabhandlung sind Details für die verschiedensten Möglichkeiten der Verschraubung der Formen angegeben, aber unter der Voraussetzung, daß die Klammern hinreichend stark sind, um dem Gesamtdruck, der sich während der Vulkanisation und Blähung bildet, Widerstand zu leisten, sind die sonst in Vorschlag gebrachten Möglichkeiten lediglich für die Geschwindigkeit der Handhabung von Interesse und für die prinzipielle Frage ohne Bedeutung.

Die Einrichtung der Heizung hängt auch hier von der Art der Mischung ab, wesentlich ist lediglich, daß die Temperatur bei der die Vulkanisation einsetzt, nicht früher erreicht wird, als der Kautschuk soweit expandiert hat, daß er die ganze Form ausfüllt, da die fortschreitende Vulkanisation die Plastizität der Mischung sehr rasch verringern wird. Sachgemäße Bedingungen sind überall das Ergebnis langjähriger Erfahrung. Wird zu wenig Material angewendet, so ergibt sich mangelhafte Formung und ungleichmäßige Blähung, ist zu viel Material vorhanden, insbesondere bei schlechter Schmierung der Form oder zu rascher Vulkanisation, ergibt sich starke Oberflächenfaltung. Die Formen dürfen erst nach völliger Abkühlung geöffnet werden, was durch Kaltwasserduschen in den Autoklaven oder durch Einpressen kalter Luft beschleunigt werden kann.

Die Vorsichtsmaßregeln bei der Vulkanisation von Formstücken sind ähnlich. Es empfiehlt sich auch hier, die untere Platte mit Asbestgewebe

zu belegen, oder die Form auf eine Stahlplatte zu legen, die an ihrer unteren Fläche mit Luftkanälen versehen ist; beides bewirkt langsamere und einheitliche Erhitzung während der Expansionsperiode. Für Schwammgegenstände kleinerer Dimensionen oder dünner Schichten läßt sich auch Heißluftvulkanisation verwenden. In manchen Fällen kann man die Kosten einer Stahlform durch Anwendung gepreßter Blechformen, die zusammengeklammert werden können, vermeiden. Man kann auch die Form auf Metallblechen zusammenstellen und durch Auflage eines zweiten Bleches dafür sorgen, daß die Kanten durch den Druck des Kautschuks nicht geöffnet werden. Es lassen sich auch Plattenpressen für diese Zwecke verwenden³², wenn man die Platten mit Asbest belegt und durch Einlagen von Distanzstäben zwischen den Platten für den erforderlichen Luftraum sorgt. Überall ist für größte Isolierung Vorsicht aufzuwenden, um zu vermeiden, daß Luft unkontrollierbar ein- oder austreten kann. Ebenso ist darauf zu achten, daß die Heizung progressiv fortschreitet, da jedes Absinken der Temperatur nach erfolgter Blähung in einem Zusammenfallen des Schwammes resultiert. Ein besonderer Vorteil dieser Vulkanisationsmethode ist die Leichtigkeit, mit der man die Blähung allmählich entwickeln kann, so daß man mit einiger Vorsicht und in Verbindung mit automatischen Temperaturreglern praktisch jede Vulkanisationskurve erzielen kann. Schwammgegenstände, die in Luft geheizt wurden, sind aber nicht leicht einheitlich zu erzielen, was auf der niedrigen Wärmeübertragung der Luft beruht. Die Anwendung von Antioxydantien bei Luftvulkanisation ist unbedingt zu empfehlen.

Schwammkautschuk muß allgemein stramm vulkanisiert werden, zumindest bis keine Spuren von Klebrigkeit im Innern des Schwammes mehr feststellbar sind, da er sonst bei Einwirkung von Druck nur sehr langsam in seine Form zurückkehrt. Übervulkanisation muß aber unbedingt vermieden werden.

Weitere fabrikatorische Manipulationen

Die weitere Behandlung des vulkanisierten Schwammmaterials hängt natürlich in hohem Maße von der Sorte des betreffenden Artikels ab. Im Falle, daß Schwammkautschukfelle etwa geschrunpft sind, kann man den Fehler durch Wringen zwischen gleichlaufenden Walzen beseitigen, da hierdurch Zellwände aufgebrochen und die innere Kommunikation verbessert wird. Dies darf aber erst nach völliger Erkaltung des Schwammes vorgenommen werden. Vielfach werden hierfür gummi-bekleidete oder hölzerne Walzen angewandt. Das Fell soll nie ganz durch die Walzen gezogen werden, sondern nur bis zu seiner Mitte und wird dann zurückgeschickt. Diese Operation wird mit der anderen Hälfte des Felles wiederholt und erst hierauf kann das ganze Fell mehrere Male ganz durchgeführt werden. In vielen Fällen ist es nicht erforderlich, die Haut zu entfernen, wenn aber die Haut entfernt werden muß, so läßt sich dies durch Stutzen von Hand oder durch Abschleifen bewirken. Die letztere Methode wird oft nach vorheriger Erhärtung durch Einfrieren

³² I. R. J. 75 (1928) S. 903

oder Kaltvulkanisation vorgenommen. Das Fellmaterial kann aber auch mit von Hand bedienten Messern in die gewünschte Form und Größe geschnitten werden, ebenso wie man sich mit Wasser geschmierter Schleifscheiben bedienen kann. Dieses ganze Problem läßt sich weniger durch fundamentale Regeln als durch die Erfahrung und Umsicht des betreffenden Betriebsleiters lösen. Nach einer Angabe im »India Rubber Journal«³³ ist eine Carborundum-Schleifscheibe von 12 cm Durchmesser und 5 cm Breite mit einer Tourenzahl von 1200 bis 1600 pro Minute besonders geeignet. Die Scheiben sollen verhältnismäßig grob sein (Korngröße 36° P) und müssen zwecks Vermeidung jeglicher Vibration sehr gut einfundamentiert werden. Der Schwamm wird lose gegen die rotierende Schleifscheibe gehalten und hier von der Mitte ausgehend nach der Seite zu abgeschliffen. Nachdem die beiden Oberflächen geschliffen sind, werden die Seiten behandelt und etwaige scharfe Kanten entfernt. Kleine, beim Schleifen nicht entfernte Hautstücke werden nachträglich von Hand aus mit der Schere abgenommen.

Wo es sich um die Herstellung verhältnismäßig dünner Felle handelt, werden diese aus Fellen doppelter und dreifacher Dicke durch Spalten gewonnen. Wird die Spaltung von Hand durchgeführt, so bedient man sich zweckmäßig eines Messers von ungefähr 18 Zoll Länge mit einer 1½ Zoll breiten Klinge. Die Schneidbewegung entspricht dem Vorgang beim Sägen. Das Messer soll dauernd von Wasser gespült werden, und der ganze Vorgang soll tunlichst langsam vor sich gehen, da man sonst keine glatten geraden Kanten erzielt. Die Messer werden zweckmäßig auf einem großen Stein geschliffen, um sägezahnartige Schnitte zu erhalten. Wird ein maschinell betriebenes Messer angewandt, so wird das Fell in einem Rahmen richtiger Dimension gehalten und so beschwert, daß es sich dauernd in der richtigen Lage befindet. Das Messer wird dann unter dauernder Berieselung mit Wasser bei niedriger Geschwindigkeit in Betrieb gesetzt. Das hierbei in den geschnittenen Fellen verbleibende Wasser läßt sich durch Lagerung in warmen Räumen in wenigen Stunden entfernen.

In manchen Fällen wird eine Dekorierung des fertigen Schwammes gewünscht. Sofern die Haut noch intakt ist, läßt sich beispielsweise das von D e f r i e s angegebene Verfahren zur Herstellung von Regenbogeneffekten auf Schwammkugeln anwenden.

Die Methode besteht darin, daß man kleine Mengen verschieden gefärbter Lösungen auf die Oberfläche eines Bades ausbreitet, dessen Flüssigkeit ein höheres spezifisches Gewicht aufweist, als die zugefügten Lösungen. Die Bälle werden dann, wie üblich, getaucht. Im allgemeinen wendet man Wasser in Verbindung mit Kautschuklösungen an. Werden nun die Bälle in das Bad getaucht, so wird ein Film der gefärbten Lösungen von der Wasseroberfläche auf die Balloberfläche übertragen. Das Wasser dient lediglich als bewegliche Unterlage für die Kautschuklösungen und soll tunlichst mit den zu tauchenden Gegenständen nicht in Berührung kommen, da sonst störende Flecken entstehen.

³³ I. R. J. 75 (1928) S. 940

Die Menge der angewandten Lösungen muß durch Erfahrung ermittelt werden, denn sie muß ausreichen, um die Wasseroberfläche hinreichend zu bedecken, darf aber nicht so stark sein, daß die verschieden gefärbten Lösungen ineinanderlaufen können. Mit einiger Erfahrung und Übung läßt sich die zweckmäßigste Zusammensetzung leicht ermitteln. Der fertig getauchte Gegenstand kann nach der Trocknung noch mit Stärke und dergleichen bestäubt werden und läßt sich dann kalt vulkanisieren; es ist aber auch möglich, den getrockneten Gegenstand mit Nitrocellulosefarben und -lacken zu versehen.

Zellkautschuk

Im allgemeinen ergibt sich bei Zusatz eines Blähmittels zu Kautschuk zwecks Erzielung einer Schwammstruktur während der Vulkanisation ein Produkt, das aus mehr oder minder miteinander kommunizierenden

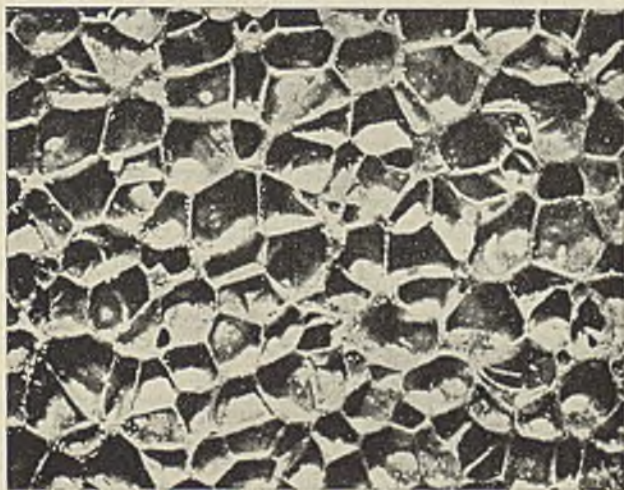


Abb. 848. Zellkautschuk, zehnmal vergrößert

Zellen besteht, so daß die in den einzelnen Zellen enthaltene Luft bei geringster Druckwirkung ausgestoßen wird. Unter günstigen Bedingungen ist es aber möglich, die Zerstörung der ursprünglich geformten Zellstruktur zu vermeiden und demzufolge eine Schwammstruktur durch chemische Blähung zu erzielen, in der die individuellen Zellen voneinander mehr oder minder isoliert sind, so daß man das Schwammmaterial korrekter als »zellig« bezeichnen müßte. (Abb. 848.)

Die üblichere Herstellung von Zellkautschuk beruht aber darauf, daß man die Schwammischung unter hohem Druck der Einwirkung inerter Gase aussetzt, nachdem ein gewisser Vulkanisationsgrad erzielt worden ist. Sobald man mit dem Druck etwas heruntergeht, bildet sich durch die nunmehr mögliche Expansion eine ausgesprochene Zellstruktur. Im allgemeinen sind in derartigem Zellkautschuk die einzelnen Zellen feiner als in üblichen Schwammkautschukarten und sind außerdem durch die in-

takten Zellwände völlig voneinander isoliert, so daß ein ausgesprochener Widerstand gegenüber Kompressionsversuchen besteht. Im Gegensatz zu der leichten Absorptionsfähigkeit von Flüssigkeiten bei gewöhnlichem Schwammmaterial, insbesondere wenn die Zellwände durch Wringen zerstört worden sind (s. weiter oben), weist Zellkautschuk praktisch keinerlei Absorptionsfähigkeit auf.

Die Verfahren zur Herstellung von Zellkautschuk wurden in verschiedenen Ländern entwickelt, so beispielsweise in Deutschland durch P. Pfl eumer (D.R.P. 249 777/1910 und E. P. 11 624/1911).

Im Pfl eumer - Verfahren wird eine 2 bis 9% Schwefel enthaltende Kautschukmischung erst durch Spritzen oder Formen in Stücke der gewünschten Größe und Form gebracht und dann in einem Autoklaven einem Gasdruck von ungefähr 300 Atmosphären ausgesetzt. Im allgemeinen wird für diesen Zweck Stickstoff verwandt; die Apparaturen sind so konstruiert, daß man das Material bei 135 bis 145° erhitzen kann, während man den Druck auf die gewünschte Höhe bringt. Dieser Zustand wird für die Dauer von zwei Stunden beibehalten, dann die Temperatur und der Gasdruck auf normal reduziert, wodurch das vulkanisierte Material sich zu ungefähr seinem zehnfachen Volumen aufbläht. In einer Abänderung des Verfahrens ist es möglich, mit einem Gasdruck von nur 100 Atmosphären auszukommen, indem man der Kautschukmischung bis zu 25% Benzin oder Benzol zufügt. Eine weitere Verbesserung in der Gasabsorption soll dadurch erzielt werden können, daß man der Mischung Substanzen wie Kieselgur in feinsten Verteilung beimischt. Das Patent beschreibt auch ein Verfahren, bei dem Weichkautschukabfälle, die noch freien Schwefel enthalten, ähnlicher Behandlung unterworfen werden können. Ferner kann man durch Erhöhung des Schwefelgehaltes auch einen Zell-Hartkautschuk herstellen.

Ein späteres Patent (E. P. 381 461; E. P. 184 468/1923) beschreibt Abänderungen des ursprünglichen Verfahrens mit dem Zweck, die Schwierigkeiten zu überwinden, die sich in der Herstellung von Gegenständen mit großen Querschnitten dadurch ergeben, daß das Gas nicht in das Innere des Materials eindringt. Es wurde angenommen, daß die Ursache hierfür in einem Zusammenfallen der molekularen Zwischenräume durch die Drucksteigerung beruht, und wurde dadurch beseitigt, daß zerkleinerter Kautschuk in einer Form einem Gasdruck ausgesetzt wird, gleichzeitig durch teilweise Vulkanisation die Teilchen aneinandergeklebt werden, um erst dann die Vulkanisation wie üblich fortzusetzen. In einer weiteren Abänderung wird der zerkleinerte Kautschuk bei 60 bis 80° C zwecks Erzielung eines Zusammenhaltes vor Einführung des Gases leicht zusammengepreßt.

In England wurden Verfahren zur Herstellung von Zellkautschuk, der unter dem Namen »Onazote« bekannt ist, von der Expanded Rubber Co. in Wembley ausgearbeitet. Ein Patent auf den Namen C. L. Marshall (E. P. 162 176/1921 und A. P. 1 501 791/1921) schützt den Zusatz von Wachsorten und harzigen Substanzen zu der Kautschukmischung, wodurch die Zellwände des fertigen Produktes weniger durchlässig werden. Hierbei ist es möglich, einen Zellkautschuk herzustellen,

bei dem der Gasdruck in den Zellen noch 4 bis 5 Atmosphären beträgt. Im Pfl e u m e r - Verfahren verbleibt lediglich ein Gasdruck von ungefähr $1\frac{1}{2}$ Atmosphären. Im M a r s h a l l - Verfahren wird das Material verstärkt und gegen äußere Beschädigungen dadurch geschützt, daß das Rohmaterial mit einer Kautschukmischung bedeckt wird, die keine gasbildenden Substanzen enthält. In einem speziellen Beispiel wird die Anwendung von hochschmelzendem Ceresin und leichter Magnesia in Mengen von 5 bis 10 Prozent auf den Kautschuk erwähnt. Die Größe der einzelnen Zellen und ihre Verteilung läßt sich durch Variation der Geschwindigkeit kontrollieren mit der man den Gasdruck nach erfolgter Vulkanisation in dem Autoklaven abfallen läßt und von der Geschwindigkeit, mit der man die Temperatur auf die normale reduziert. Wird der Druck rasch abgelassen, so erhält man sehr feine Poren, bei langsamem Abfall entsteht eine grobporige Struktur.

In einem späteren Patent der E x p a n d e d R u b b e r C o. und G. P. D e n t o n (E. P. 358 967/1931) werden diese Einzelheiten stark modifiziert. Nach diesem Patent wird die vorbereitete Kautschuk-Teigmischung in einen ummantelten Autoklaven verbracht und der Mantel mit Dampf beheizt, so daß der Druck nach 30 Minuten auf $0,56 \text{ kg/cm}^2$ angestiegen ist. Dann wird in den Autoklaven Stickstoff unter einem Druck von 180 Atmosphären eingeführt und dieser Druck für die Dauer von 270 bis 400 Minuten beibehalten. Dann wird der Gasdruck abgestellt und der Autoklav während 60 Minuten abgekühlt, erforderlichenfalls durch Zirkulieren von Wasser im Mantel. Dann wird das Gasventil geöffnet und der Druck im Autoklaven auf normal absinken gelassen. Das Material, das sich inzwischen auf das sechsfache Volumen ausgedehnt hat, wird dann in eine Form oder einen Behälter erforderlicher Größe und Gestalt verbracht und vulkanisiert, indem man den Mantel der Form oder des Behälters mit Dampf bis zu einem Druck von 6 Atü erhitzt. Unter diesen Bedingungen findet eine weitere Volumvergrößerung statt, so daß sie schließlich das $13\frac{1}{2}$ fache der ursprünglichen Kautschukmischung beträgt. Infolge der in zwei Stufen vor sich gehenden Blähung und des während der Vulkanisation auf den Formwänden lastenden Druckes soll sich ohne zusätzliche Manipulation eine Haut bilden.

Bei der Herstellung von »Caoutchouc mousse« bei der Société Française du Caoutchouc mousse wird das Gas in den Kautschuk durch eine Flüssigkeit eingebracht, in der es löslich ist.

So wird beispielsweise im F. P. 545 645/1922 eine Kautschukmischung, die die erforderlichen Vulkanisationsagenzien aufweist, mit Aceton gesättigt. Der so vorbereitete Kautschuk wird dann in eine poröse Form eingelegt, die er möglichst ganz ausfüllen soll. Die Form wird hierauf in einen Behälter verbracht, der mit einem Kompressor für das gewünschte Gas, im vorliegenden Beispiel Acetylen, verbunden ist; der Kautschuk wird nun der Einwirkung dieses komprimierten Gases ausgesetzt. Der Gasdruck wird während der Dauer der Vulkanisation aufrechterhalten. Nach Beendigung der Vulkanisation wird der Druck abgelassen, wodurch das nunmehr in Freiheit gesetzte Acetylen die Bildung der Gaszellen her-

beiführt. Nach den im Patent enthaltenen Einzelheiten hängt eine erfolgreiche Herstellung derartigen Zellkautschuks auf kommerzieller Basis von der Entwicklung einer bis ins Äußerste spezialisierten Anlage und Technik ab. In allen Fällen scheint die Begrenzung auf den Schwierigkeiten zu beruhen, die bei den erforderlichen hohen Gasdrucken in der Handhabung der Anlage liegen.

Zellkautschuk besitzt eine Anzahl bemerkenswerter Eigenschaften. Er zählt zu einer der leichtesten festen Substanzen, die wir kennen. Die Dichte schwankt bei einer großen Anzahl untersuchter Proben zwischen 0,059 bis 0,12 (oder von 3,7 bis 7,5 lbs. per cu. ft.). Aus einem Bericht des Department of Scientific and Industrial Research 1921³⁴, der sich mit den wärmeisolierenden Eigenschaften verschiedener Substanzen befaßt, wurde die Wärme-Leitfähigkeit von Mustern von Zellkautschuk zu

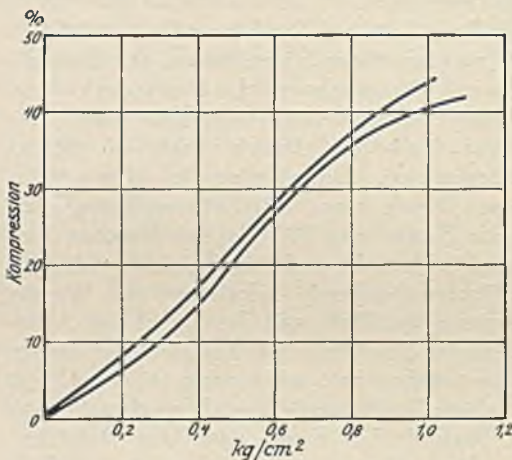


Abb. 849. Belastungs-Kompressionskurven für Zellkautschuk

0,00009 bis zu 0,00012 c. g. s. Einheiten bestimmt. Das Material eignet sich daher im besonderen als Wärmeisolator bzw. für Kühlanlagen. Es läßt sich auch als Isolator gegen Geräusche und Erschütterungen verwenden. Infolge seiner Struktur ist es ferner außerordentlich widerstandsfähig und bietet somit einen wertvollen Schutz gegen Beschädigung leicht empfindlicher Mechanismen durch Schlag oder Erschütterung.

Kompressionskurven von Zellkautschuk, wie sie in Abbildung 849 wiedergegeben

sind, zeigen, daß das in den Zellen eingeschlossene Gas schon bei verhältnismäßig geringem Druck der Kompression einen Widerstand entgegensetzt, so daß die Kurven sehr rasch linearen Verlauf anstreben.

Die außerordentlich hohe Beständigkeit gegenüber Kompression wurde durch Experimente erwiesen, die im Bulletin of the Rubber Growers Association England, 1929, Vol. 2, S. 224, beschrieben sind.

So widerstand ein 4-Zoll-Ball aus »Onazote« mit einem Gewicht von 4 ozs., wenn er auf $\frac{1}{4}$ inch komprimiert war, einer Belastung von 32 000 lbs. Mehrere Scheiben desselben Materials, die insgesamt 3 Zoll dick waren, und einen Durchmesser von 4 Zoll aufwiesen, trugen bei einer Kompression auf $\frac{1}{3}$ inch eine Last von 14 000 lbs. Nach Entfernung der Last gingen sie sofort wieder in ihre ursprüngliche Gestalt zurück. Diese Versuche beweisen die außerordentlichen Widerstandskräfte des Materials und das fast völlige Fehlen von Hysteresis-Verlusten.

³⁴ Food Investigation Special report Nr. 35, Reprint 1929

Zellkautschuk ist ferner praktisch undurchlässig für Wasser und nur im geringen Maße gasdurchlässig. Gerade wegen der geringen wasserabsorbierenden Fähigkeit und des sehr geringen spezifischen Gewichtes eignet sich dieses Material für Bojen und Gegenstände, die für Schwimmzwecke vorgesehen sind. In dem vorerwähnten Spezialbericht wird jedoch darauf hingewiesen, daß das Material in kleinen Mengen für Wasserdampfgase durchlässig ist und bei Untersuchung unter Wasser über 300 Stunden ergab sich eine progressive Gewichtssteigerung. Es konnte nicht nachgewiesen werden, ob dies auf einer Wasserabsorption beruht, dadurch, daß Wasserdampf den Kautschuk durchdringt und an den Zelloberflächen einen absorbierten Film bildet, oder ob hier kapillare Absorption vorliegt. Da man aber in einem einwandfreien Zellkautschuk eine völlige Isolierung der einzelnen Zellen annehmen muß, erscheint eine Kapillarwirkung nicht gut denkbar. Es wurde aber angenommen, daß das Material nicht nur Gas in den vom kompakten Gummi umgebenen Höhlungen aufweist, sondern daß auch eine nicht unerhebliche Gasmenge im Kautschuk selbst absorbiert ist.

In einer kleinen Broschüre, die die *Expanded Rubber Co.* über die Eigenschaften, die Onazote aufweist, herausgegeben hat, sind einige interessante Details über Experimente enthalten, die das *National Physical Laboratory of England* angestellt hat, um den in den Poren enthaltenen Gasdruck zu bestimmen. Die Versuche wurden so ausgeführt, daß die exakt gearbeiteten Muster gut passend in einen Stahlzylinder eingebracht wurden. Hierauf wurde ein dichtsitzender Kolben in diesen Zylinder verbracht und die bei verschiedenen Lasten ablesbare Kompression bestimmt.

Das Volumen kompakten Kautschuks im Onazote wurde berechnet, und darauf fußend, die vorhandene Gasmenge ermittelt. Der Berechnung lag die Annahme zugrunde, daß das Boyl'sche Gesetz bei diesen Versuchen zutrifft. Die Berechnungsart läßt sich kurz folgendermaßen erklären:

Wenn beispielsweise der zusätzliche Außendruck, der zur Erzielung einer Gasvolumenreduktion auf die Hälfte des ursprünglichen $1,03 \text{ kg pro cm}^2$ beträgt, so würde dies ergeben, daß der Gasdruck in den Schwammzellen 1 Atmosphäre entspricht. Würde aber der erforderliche Außendruck das Doppelte betragen ($2,06 \text{ kg/cm}^2$), entspricht dies einem Gasdruck von 2 Atmosphären.

Aus den Tabellen entnimmt man, daß der für den Gasdruck erhaltene Wert bei dieser Berechnung einen progressiven Anstieg mit zusätzlich steigendem Außendruck ergibt. Dies beruht vermutlich auf dem Polsterungseffekt der in der Nähe der Oberfläche liegenden Zellen, die die Übertragung der vollen Kompression ins Innere insoweit verhindern, als die Kompressionskraft verhältnismäßig niedrig ist. Diese Kräfte würden aber größenordnungsmäßig annähernd gleich bleiben, so daß sie mit Steigen der Kompressionskraft an Bedeutung verlieren würden, d. h. ihr Einfluß auf die Berechnung des Innendruckes der Gaszellen würde sich weniger bemerkbar machen. Dementsprechend müßten die bei höheren

Kompressionen sich ergebenden Daten annäherungsweise den richtigen Gasdruck des Musters ergeben.

Eine Überprüfung der in Tabelle 1 aufgeführten Zahlen bestätigt die Richtigkeit dieser Annahmen, insbesondere im Fall der massiven Scheibe, bei der die für den inneren Druck errechnete Zahl an 4 Atmosphären herankommt. Es zeigt sich, daß die äquivalenten Zahlen für die anderen Beispiele 1,43 und 2,30 Atmosphären betragen. Dies würde entweder für Gasdiffusion durch die Zellwände des dünneren Materials einen Unterschied im Alter des Musters oder für eine Veränderung in der Masse selbst sprechen.

Tabelle 1

Kompressionsversuche an Mustern von Onazote

Beschreibung des Musters	Last kg	Eindruck Zoll	Berechneter äquivalenter Druck in Atü
Sieben Scheiben, genaue Höhe: 3.01 Zoll, 4.25 Durchmesser	100	0.30	1.33
	200	1.00	1.31
	400	1.58	1.39
	600	1.90	1.43
	693	2.01	1.43
Zylinder 3.95 Zoll hoch, hergestellt aus spiralig gerollten Kautschukplatten	200	0.95	1.49
	400	1.65	1.70
	800	2.35	1.96
	1200	2.60	2.30
Massive Scheibe, 1.57 Zoll dick, 4.25 Zoll Durchmesser	100	0.10	1.39
	200	0.20	1.71
	400	0.44	2.10
	800	0.72	2.62
	1200	0.88	2.97
	1400	0.92	3.19
	1600	0.96	3.38
	1800	0.98	3.61
2000	1.00	3.84	

Zell-Hartkautschuk

Verfahren zur Herstellung von zellularem Weichkautschuk können bei entsprechender Abänderung der Mischung und in manchen Fällen durch Erhöhung des Gasdruckes für die Herstellung von Zell-Hartkautschuk Anwendung finden.

Die Kautschukmasse kann nach Absorption des Gases erst halbvulkanisiert und dann in Formen einer zweiten Heizung unterworfen werden, um so richtige Blähung und völlige Vulkanisation zu gewährleisten. Zell-Hartkautschuk weist eine außerordentlich niedrige relative Dichte von der Größenordnung 0,09 (5,5 lbs. pro cu. ft.) auf und stellt einen außerordentlich wirksamen Wärmeisolator dar. Die Anwendung als Isolator für Kühlmaschinen und dergleichen scheint sich besonders bewährt zu haben. Die Anwendung von Zell-Hartkautschuk, der zweckentsprechend durch Lagen von Gewebe, Holz oder Drahtgewebe verstärkt wurde, als Werkstoff für die Herstellung von Wasserflugzeugschwimmern, -flügel

usw., ist mehrfach in Vorschlag gebracht worden. Obwohl das in einem Aufsatz in der Rubber Age, New York³⁵, beschriebene, unter dem Namen »Aeroboard« von der B. F. Goodrich Co. herausgebrachte ähnliche Material nicht nach dem vorbeschriebenen Prozeß hergestellt ist, wird es für die vorerwähnten Konstruktionszwecke empfohlen. Das Material besteht aus einer Lage von porösem nicht dehnbarem Kautschuk, der durch Lagen von Hartgummi, Duralmin, Drahtgewebe oder Holz bekleidet ist. In dem einen Fall wird das, ein geeignetes Blähmittel enthaltende, Kautschukmaterial auf dem Kalandar auf die Hälfte der endgültig gewünschten Dicke ausgezogen und in einer Presse vulkanisiert, so daß das fertige Material ganz kleine Zellen mit einer dem Holz vergleichbaren Struktur aufweist. Bei der Herstellung einer anderen Sorte wird ein Kern des Zell-Hartkautschuks außen mit einem besonderen Gewebe, dessen Gewicht 10 oz. p. square yard betragen soll, bedeckt, und beiderseitig mit einer noch biegsamen Hartgummimasse friktioniert. Dieses Material wurde zum Bekleiden der Schotten und Zwickel bei Aeroplanschwimmern zur Anwendung gebracht. Soll es für Bodenplatten dienen, so wird noch eine weitere Lage aus biegsamem Hartgummi von 0,005 Zoll Dicke hinzugefügt. Platten, die nach dieser Art hergestellt wurden, ergeben eine Zugfestigkeit von 2700 lbs./Quadratzoll für $\frac{1}{8}$ Zoll dickes Material, 1700 lbs. für ein Material von $\frac{3}{16}$ Zoll Dicke und 1100 lbs. für $\frac{1}{4}$ Zoll dickes Material.

»Aeroboard« läßt sich durch Erweichen in kochendem Wasser formen und behält die ihm so gegebene Form ohne Verlust an Zugfestigkeit nach Abkühlung bei. Es läßt sich auch ohne Gefahr der Splitterung aufnageln oder aufschrauben. Obwohl derartige Material leichtes Gewicht und Einheitlichkeit in bezug auf Zugfestigkeit, ebenso wie auf Verformbarkeit ohne Gefahr der Formveränderung oder des Splitters in sich vereinigt, hat die Anwendung des verstärkten Zell-Hartgummis nicht die einst gehegten Hoffnungen erfüllt.

Die Herstellung von Schwammkautschuk direkt aus Latex

Die Leichtigkeit, mit der man bei der Herstellung gewöhnlicher Kautschukwaren bei Anwesenheit von Feuchtigkeit einen porösen Kautschuk erzielt, läßt uns die direkte Anwendung von Latex als Grundstoff für die Herstellung von Schwammkautschuk besonders vor Augen treten. Den ersten Hinweis auf diese Möglichkeit können wir dem Patent von P. Schidrowitz und H. A. Goldsborough (E. P. 1111/1914) entnehmen. Nach Angabe von Schidrowitz³⁶ wurde eine große Anzahl von Toiletteschwämmen nach diesem Verfahren hergestellt, bis Schwierigkeiten in der Beschaffung von Latex während des Weltkrieges zur Einstellung der Fabrikation zwangen. Das Patent beschreibt, wie man poröse oder zellig strukturierte Koagulate durch Anwendung von Hitze oder durch Zugabe von koagulierend wirkenden Agenzien, wie Essigsäure, Salzen, Schwefelkohlenstoff, Aceton oder Alkohol, erhalten kann. Die weitere Möglichkeit, die durch das Patent geschützt ist, bezieht sich auf

³⁵ 10. Aug. 1929 S. 486

³⁶ I. R. J. 83 (Juli 1932) S. 521

den Zusatz gasbildender Substanzen, wie Carbonaten und Sulfiden, sei es vor, während oder nach der Koagulation, aber vor der Vulkanisation. Die Vulkanisation erfolgt durch Erhitzung im Dampf. Die Arbeitsweise des Verfahrens wird durch folgendes dem Patent entnommene Beispiel erläutert: Gleiche Volummengen von Latex und einer gesättigten Ammonium-Carbonatlösung werden vermischt, auf einem Wasserbad erhitzt und 1 Gewichtsprozent Schwefel beigemischt. Die Koagulation wurde erzielt, indem man unter starkem Rühren Essigsäure zufügte und das Koagel dann in einen Dampfautoklaven verbrachte. Die Vulkanisation des porösen Koagels wurde als besonderes Merkmal des Verfahrens beansprucht. Ein auf ähnlicher Grundlage beruhendes Verfahren wurde Yves Cornic patentiert (D.R.P. 532 457/1929 und E. P. 314 539/1930). Nach diesem Verfahren wird gepulvertes Ammoniumcarbonat konzentriertem Latex beigemischt, der eine organische Base, wie Diphenylguanidin, enthält, so daß völlige Koagulation resultiert. Das Produkt wird dann durch Erhitzen in einem inerten Gas, überhitzten Dampf oder in einer nicht lösenden Flüssigkeit, wie Glycerol, in schwammige Struktur verwandelt.

In einem früheren Patent von H. Lindemann (D.R.P. 434 526/1924) wurden Schwämme mit feinsten Poren unter Verwendung von Latex, dem Schwefel beigemischt war, erhalten. In einem späteren Patent (E. P. 243 605/1925) wurde so vorbereiteter Latex in eine Kautschukmischung eingewalzt und die Mischung unter geeigneten Bedingungen vulkanisiert. Der Latex diente hierbei als Blähmittel.

Obwohl Latex hierbei keine Anwendung findet, sei hier noch auf ein ähnliches Verfahren von W. B. Pratt und Wellesley (A. P. 1 614 019/1927) verwiesen, gemäß dem eine unkoagulierte wäßrige Paste dispergierten Kautschuks, mit den nötigen Vulkanisations-Ingredienzien vermischt, in einer Form zu Schwammmaterial geheizt wurde.

Die bisher erwähnten Verfahren zur Erzielung poröser Struktur beruhen auf der Anwendung eines nassen Latex-Koagulums oder analogen Massen in Form wäßriger Kautschuk-Dispersionen mit oder ohne zusätzliche Anwendung gasbildender Agenzien. Ein hiervon etwas abweichendes Verfahren liegt in dem sogenannten Schaumverfahren vor, bei dem Luft mechanisch in den Latex eingeschlossen oder durch ähnliche Methoden eingebracht wird, und der so entstandene Schaum durch entsprechende Maßnahmen in der gewünschten Form vulkanisiert wird. Entsprechend dem E. P. 332 526 und dem E. P. 322 526/1930 wendet das von der Dunlop Rubber Co. Ltd. entwickelte Verfahren eine Latexmischung als Grundlage an, wie sie sich in ihrem prinzipiellen Aufbau aus folgenden Daten ergibt:

Kautschuk	100.0
Schwefel	3.0
Zinkdiäthylthiocarbamat	0.7
Mineralöl	5.0
Ätzkali	0.4
Kasein	0.1
Ölsäure	0.5

Eine kleine Menge Natriumsilicofluorid wird der Latexmischung zugefügt und die Masse in einer geeigneten Maschine in schaumige Konsistenz verwandelt. Hierbei wird ein kleiner Prozentsatz als wäßrige Dispersion vorliegendes Zinkoxyd zugesetzt und der bewegliche Schaum

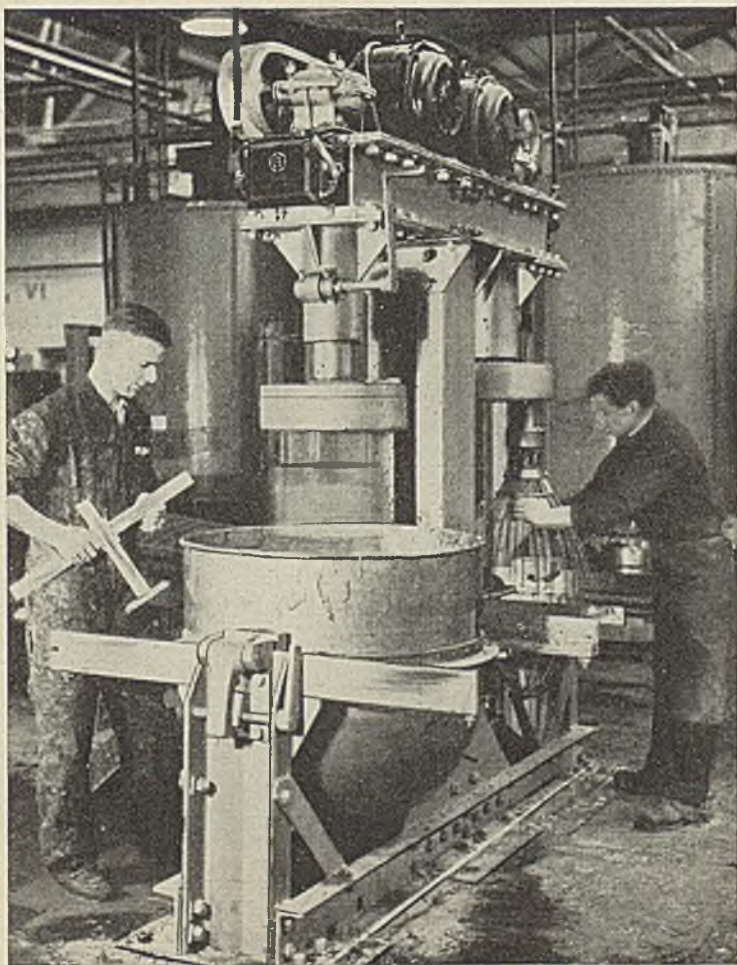


Abb. 850. Schaumschlagmaschine für Latexschwammherstellung

erst dann in eine geeignete Form verbracht und hier bei normaler Temperatur bis zur Gelisierung belassen. Die Vulkanisation erfolgt dann durch Erhitzung in einem Autoklaven oder andere geeignete Maßnahmen. Praktische Einzelheiten bezüglich der Herstellung von »zellularem Luftkissenkautschuk« gemäß dem vorerwähnten Verfahren sind in einer Anzahl Aufsätze in Fachzeitschriften enthalten.³⁷

³⁷ „Engineering“ Juni 3, 1932; Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 768; I. R. J. 83 (1932) S. 717; Rub. Age (Ld) 13 (1932) S. 98

Der Latex wird nach Vermischung zwecks Erzielung größerer Einheitlichkeit und nach entsprechender Vorbereitung in Misch tanks verbracht, die mit Kaltwassermänteln versehen sind, und in denen durch rotierende Flügel die erforderlichen Vulkanisations-Ingredienzien eingemischt werden. Nach gründlicher Mischung wird der Latex nun aus diesen Tanks in tiefe Pfannen mit halbkugelförmigen Böden (Abb. 850) abgelassen. Eine kleine Menge Seifenlösung oder andere Schaumbilder werden der Mischung in diesem Stadium zugefügt und die gesamte Masse nun in diesen Pfannen durch einen speziell hierfür konstruierten rotierenden Drahtschäumschäger (s. Abb. 850, rechts) geschlagen. Der Schläger

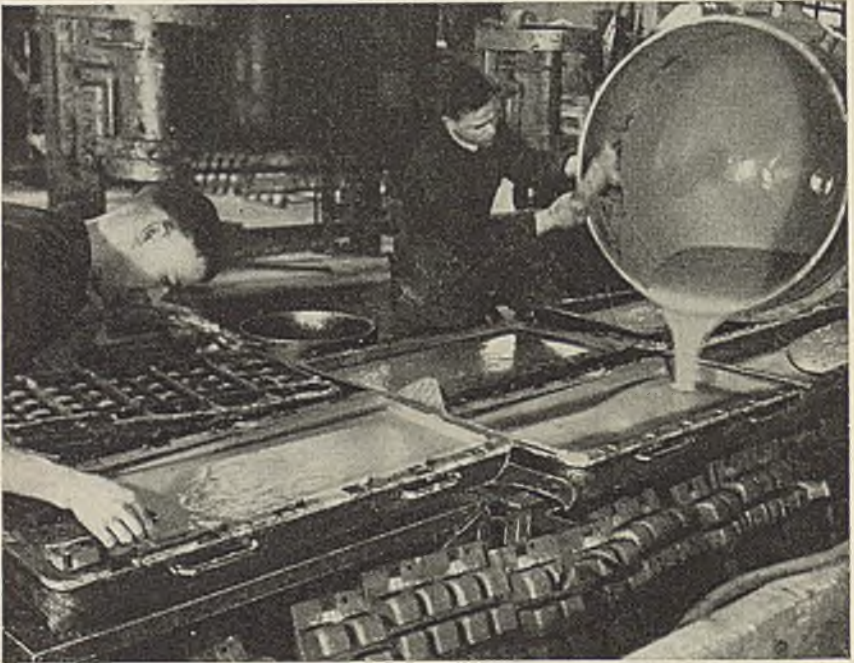


Abb. 851. Gießen und Formen von schaumigem Latex

rotiert hierbei sowohl um seine eigene Achse als auch um eine durch die Mitte der Pfanne gelagerte Vertikalachse.

Die erforderliche kombinierte Bewegung wird durch ein epizyklisches Getriebe erzielt. Durch diese Maßnahme wird erheblich viel Luft in die Mischung eingeschlagen, die in eine bewegliche Masse verwandelt wird und eine Unzahl einheitlich verteilter Bläschen aufweist. Die Dauer dieser Manipulation hängt von der für das Endprodukt erwünschten Dichte ab, doch kann man 20 Minuten als für das Verfahren typisch bezeichnen. Kurz bevor das Schlagen beendet ist, fügt man der Mischung ein langsamwirkendes Verfestigungsmittel zu, worauf die Mischung gießfertig ist.

Diese Manipulation sowie die Formung wird in Abb. 851 erläutert. Das

Gießen der Mischung aus der Schaumschlagapparatur ist aus der rechten Hälfte der Abbildung ersichtlich, währenddem man links einen bereits gefüllten unteren Teil der Form wahrnimmt, in den ein Arbeiter gerade den oberen Teil der Form einpaßt. Eine Anzahl dieser Oberteile ist aus dem Vordergrund der Abb. 851 ersichtlich. Abb. 852 zeigt uns die einzelnen Formteile deutlicher. Besonders sei hier auf die Teile verwiesen, die in dem geformten Schwamm die Höhlung bedingen, ebenso wie man die den Kernstücken bei der Metallgießerei entsprechenden Formen deutlich sieht. Der untere Teil der Form ist schwach gewölbt, um die Entstehung von Luftpolstern zu vermeiden, während die oberen Teile mit Luftaustrittsöffnungen versehen sind. Sind die Formen richtig gefüllt und verschlossen worden, so wird aus ihnen etwas Masse austreten. Diese

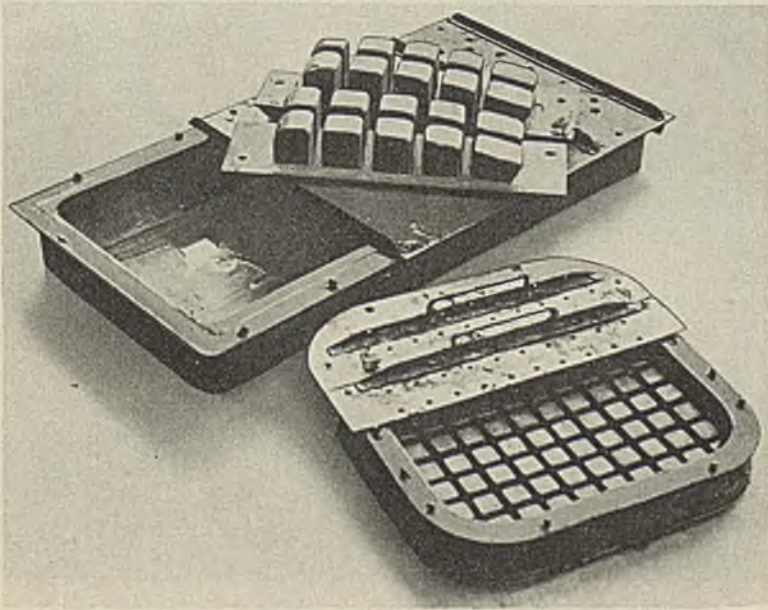


Abb. 852. Bei der Herstellung von Latexschwamm angewandte Formen

ausgetretene Masse ergibt dann die knopfartigen Austrittsstellen, wie sie aus Abb. 851 links hinten zu ersehen sind. Die gefüllten Formen werden nun am laufenden Band um einen Tisch geführt, in welcher Zeit die Verfestigung vor sich geht, und hierauf werden sie durch einen langen Tank geführt, der mit Wasser von 90° C beschickt ist. Die Formen, die horizontal an dem endlosen Förderband befestigt sind, benötigen ungefähr zum Passieren dieses Wasserbades eine Stunde, in welcher Zeit die Vulkanisation beendet ist. Nach Verlassen des Tankes werden die Formen geöffnet und die obere Hälfte entfernt (Abb. 853). Die besonders geformten Höhlungen in dem geformten Schwamm sind aus dem fertigen Schwammsitz, den der links stehende Arbeiter in Händen hält, deutlich sichtbar, während der rechts stehende Arbeiter eben im Begriff ist, eine

Oberseite der Form zu entfernen. Die geformten Schwämme werden dann in Zentrifugen verbracht, wodurch das während der Vulkanisation absorbierte Wasser rasch entfernt wird, so daß die endgültige Heißlufttrocknung beschleunigt und erleichtert wird. Die Formen werden, nachdem sie ausgewaschen und gesäubert sind, genau inspiziert und dann mit Hilfe der Fördereinrichtung wieder zur Füllstelle verbracht. Abb. 854 zeigt uns eine Anzahl fertiger Schwammsitze, die gerade durchgesehen und zurechtgeschnitten werden. Aus dem Bild läßt sich auch die Methode entnehmen, wie das Material in einem Stück mit entsprechend vorgesehenen Verstärkungsleisten hergestellt werden kann, welche letztere es ermöglichen, das Gewicht des Kissens auf das zweckmäßigste

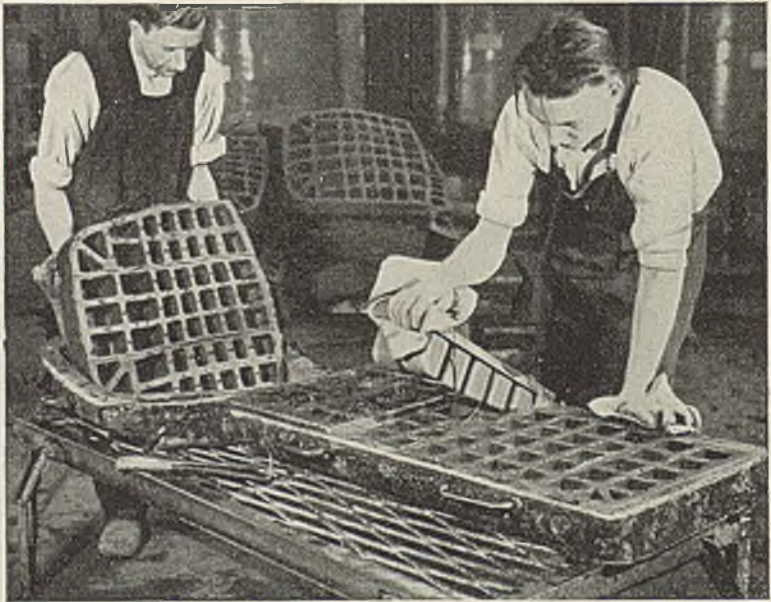


Abb. 853. Entnahme des vulkanisierten Latexschwamms aus der Form

Minimum zu reduzieren. Die typische Form für ein Sitzkissen ist aus Abb. 855 zu entnehmen. Für diese Art von zelligen Luftkissen werden verschiedene Vorteile beansprucht. Vor allem können komplizierte Formen ohne Schwierigkeiten mit verhältnismäßig billigem Formmaterial hergestellt werden. Diese Formen können komplizierte Strukturen wie Maschen, Höhlungen, Ausbuchtungen, Flanschen oder dergleichen aufweisen, deren Herstellung nach den üblichen Schwammkautschukverfahren schwierig, wenn nicht technisch unmöglich wäre. Die Kosten und Begrenzungen, die in der Verwendung von Polstermaterial liegen, das aus Streifen oder Platten zusammengesetzt ist, werden somit vermieden. Des weiteren ermöglicht die Anwendung der vertikalen Aussparungen nicht nur Ersparnis an Gewicht, sondern soll auch höheren Komfort und bessere Lagerung bedingen. Durch Veränderung der Schaumdichte lassen

sich Lagen verschiedener Dichte oder verschiedener Struktur erzielen. Auf diese Art und Weise ist es möglich, den unteren Teil der Polsterungen aus verhältnismäßig hartem und dichtem Material herzustellen, das den größten Teil der Last zu tragen imstande ist, während der obere



Abb-854. Kontrolle und Beschneiden geformter Latexschwammsitze

Teil aus weichem und leichter strukturiertem Material hergestellt werden kann, so daß es sich schon bei geringstem Druck leicht der gewünschten Form anpassen kann. Eine weitere beachtenswerte Eigenschaft für zelligen Luftpolster-Kautschuk ist das Fehlen von »Rinden«



Abb. 855. Kissen aus »Zell-Luft-Kautschuk« geformt

im fertig geformten Produkt, da ja während der Vulkanisation kein Blähen gegen die Formwand vor sich geht. Wohl bildet sich eine dünne oberflächliche Haut, doch gestattet diese infolge ihrer Porosität die freie Luftzirkulation. Die Porosität der Haut in Verbindung mit den vorerwähnten Aussparungen ergibt eine Art Pumpeffekt während der Be-

nutzung. Hierdurch wird dauernde Ventilation gewährleistet, so daß keine Kondensation von Feuchtigkeit möglich ist, die schon vielfach bei der Verwendung von Schwammkautschuk für Polsterungen beanstandet wurde. Auch hygienisch wertvolle Eigenschaften werden beansprucht, da der Nachweis erbracht werden konnte, daß dieses Material eine Entwicklung von Bakterien nicht zuläßt. Versuche haben ergeben, daß das Material hervorragende stoß- und erschütterungsabsorbierende Eigenschaften aufweist (siehe auch den Abschnitt über physikalische Prüfungen von Schwammkautschuk). Zelliger Luftkissen-Kautschuk ist als Polstermate-

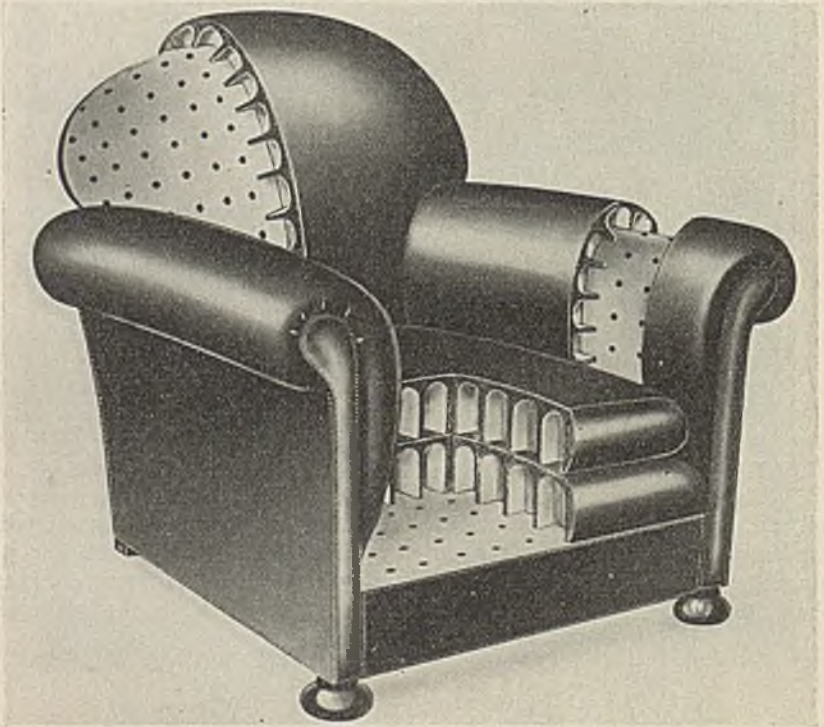


Abb. 856. Klubsessel ganz mit Zell-Luft-Kautschuk-Kissen ausgestattet

rial für eine Anzahl von Industrien zur Anwendung gelangt. Auf Grund seiner Haltbarkeit bei wiederholter und rascher Kompression und dem erhöhten Komfort der speziell konstruierten Sitze, der insbesondere auf rascher Dämpfung der Vibration beruht, hat sich das Material speziell für Kraftfahrzeugsitze geeignet, wobei hier im besonderen auf solche Fahrzeuge verwiesen sei, die in öffentlichen Diensten stehen. Auch für Sattelnissen bei Motorrädern und für die Anwendung im Haushalt hat es sich bewährt.

Aus Abb. 856 ersehen wir einen Klubsessel, der ganz mit diesem Material in geeigneter Konstruktion gepolstert ist. Besonders geformte Sitze, in Theatern und Kinos, Armlehnen und dergl. haben sich eingeführt.

Ein anderes Verfahren für die Herstellung von Schwammkautschuk direkt aus Latex ist von der *Revertex Ltd.* (D.R.P. 521 307/1928) entwickelt worden. Gemäß diesem Verfahren wird Latex, der durch Verdünnung des unter dem Namen »Revertex« bekannten Hochkonzentrates auf 20% Kautschukgehalt gebracht wurde, mit den nötigen Vulkanisationsagenzien versetzt. Nach Erzielung einer homogenen Verteilung wird verdünnte Calciumformiatlösung zugefügt und die Masse nach weiterem Zusatz von Saponin, Zucker oder Eiweiß in einer geeigneten Apparatur zu Schaum geschlagen. Der erzielte Schaum wird in Formen gegossen. Nachdem das Wasser, das in der Mischung enthalten ist, bei 70 bis 80° C oder auch bei normaler Temperatur zum Teil verdampft ist und die mechanische Stärke der Struktur hinreichend verfestigt erscheint, wird die Vulkanisation auf geeignete Weise vorgenommen. Die Vulkanisation im Autoklaven oder Wasser von 90° C wird erwähnt, wobei der Schwamm zweckmäßig vorher getrocknet sein soll. Es ist auch möglich, einen wasserlöslichen Beschleuniger für das Wasserbad zur Anwendung zu bringen, in welchem Falle sich natürlich ein Zusatz des Beschleunigers zur ursprünglichen Mischung erübrigt. Falls zweckmäßig, können auch noch Blähmittel Anwendung finden.

In den beiden vorerwähnten Verfahren wird ein gewissermaßen beweglicher Schaum hergestellt, der leicht in die gewünschte Form gegossen werden kann. Im *Untiedtschen* Verfahren (A. P. 1 777 945/1930) wird ein fester, zäher Schaum als Ausgang für die Herstellung von porösem oder Zellkautschuk vorgezogen. Als Schaumagenzien werden Saponin, Seifenrinde, Gelatine, Leim usw. erwähnt. Ihre Anwesenheit ist erwünscht, aber nicht unbedingt erforderlich. Die hinzuzufügende Menge ist stark variabel. In einem späteren Patent (A. P. 1 185 688/1932), das die Anwendung dieses Schwammes für Streichzwecke unter Schutz stellt, wird erwähnt, daß 3 Volumenteile einer 30 bis 40% Seifenlösung zu 60 Volumenteilen Latex zugefügt werden. Wenn auch 1% in manchen Fällen ausreicht, sollen die besten Ergebnisse erzielt werden, wenn der Schwamm 10 bis 20% Seife enthält.

Mikroporöser Kautschuk

Latex hat auch als Ausgangsmaterial für die Herstellung von mikroporösem Kautschuk Anwendung gefunden, wie er in Form von Separatoren im Akkumulatorenbau, als Filtermedium in der chemischen Industrie und für ähnliche Zwecke zur Anwendung empfohlen wird. Die Anwendung von Latex für diese Zwecke wurde in Deutschland von *H. Beckmann* und in England von der *Dunlop Rubber Co.* entwickelt. *H. Beckmann* hat in einer Anzahl von Aufsätzen³⁸ die Grundlage seines Verfahrens beschrieben. Aus Holz hergestellte Separatoren verlieren ihre ursprünglich gute Porosität leicht durch die Einwirkung der Schwefelsäure, insbesondere in der positiven Platte unter den üblichen Betriebsbedingungen einer Batterie, während Separatoren, die aus Hartgummi nach den üblichen Verfahren hergestellt werden, zwar

³⁸ Kautschuk 7 (1931) S. 149, und Elektrotechn. Z. 30 S. 1605

hohen Widerstand gegenüber der Säure aufweisen, meist aber den erforderlichen Porositätsgrad sowie die Einheitlichkeit vermissen lassen, da es außerordentlich schwierig ist, eine maximale Anzahl feinsten Poren mit einheitlicher Verteilung über ein gegebenes Areal zu erhalten, ohne daß nadelstichartig große Öffnungen vorliegen. In der Latexdispersion besitzen wir bereits ein Material kolloider Struktur, das nach Zusatz der erforderlichen Vulkanisations-Ingredienzien und nach Zusatz geeigneter Metallsalze, wie den Salzen des Magnesiums oder der Erdalkalien, zu einer homogenen zusammenhängenden Gallerte sich verwandelt, die eine außerordentlich feine, aber völlig einheitliche Struktur aufweist.

Bei Einhaltung richtiger Bedingungen werden die Kautschukteilchen überall gleichmäßig und symmetrisch in dem Gel verteilt sein, wodurch sich eine netzartige Struktur ergibt, die das Wasser festhält. Die Struktur dieses Koagulum ist nur insoweit stabil, als das Wasser alle Poren des kolloidalen Systems ausfüllt. Die Verdampfung des Wassers in diesem Zustand würde das Zusammenfallen der ganzen Struktur bedingen, die unter den besonderen Verhältnissen der Gelbildung aufgebaut worden war. Um dies zu vermeiden, wird das System durch Vulkanisieren derart stabilisiert, daß vorzeitige Verdampfung des Wassers vermieden wird. Dies läßt sich durch Vulkanisation in gesättigtem Dampf oder in Wasser erreichen. Durch allmähliches Eindringen des Schwefels bei steigender Temperatur und der anschließenden Anvulkanisation ergibt sich entweder ein Weich- oder Hartgummi permanenter Struktur, d. h. ein vulkanisiertes Kautschuk skelett mit in sich fein verteiltem Wasser. Wird nun das Wasser durch Verdampfung entfernt, verbleibt ein Material, das von einer Unzahl einheitlich verteilter mikroskopisch kleiner Poren durchsetzt ist.

Nach M a n e g o l d ³⁹ ergibt sich ein durchschnittlicher Durchmesser der Poren in der Größenordnung von 0,0004 mm, mit anderen Worten, in der Größenordnung der Lichtwellenlänge. Sie sind daher für das unbewaffnete Auge, aber selbst für starke Mikroskope nicht auflösbar. Es wurde berechnet, daß 1 cm² Fläche des mikroporösen Kautschuks ungefähr 500 Millionen Poren aufweist. Als Bestätigung der vorerwähnten Zahl für die Porengröße ist die Feststellung interessant, daß ein mikroporöser Kautschuk, der auf einer glatten Fläche hergestellt wurde (z. B. Glastafel), eine Hochglanzpolitur aufweist und dennoch über die gesamte Fläche hochporös ist. Dies bestätigt mit anderen Worten die Feststellung, daß die Porengröße ungefähr einer halben Lichtwellenlänge entsprechen müßte.

Aus der vorhergehenden Beschreibung ist ersichtlich, daß die Bildung der Poren und die Feinheit derselben auch von der Verteilung des Wassers im Koagulum abhängen muß. Demgemäß kann man durch Veränderung der Konzentration des Ausgangslatex oder durch Veränderung der Gelisierungsbedingungen die Porosität des fertigen Materials und das Verhältnis Poren-Volumen zu Kautschuk-Volumen in gewissen Grenzen variieren.

³⁹ Kolloid-Z. 56 (Sept. 1931) S. 267, und Kolloid-Z. 57 (Okt. 1931) S. 23

Unter normalen Bedingungen wird der mikroporöse Kautschuk 50 bis 60% Poren-Volumen und 40 bis 50% feste Kautschukmasse aufweisen. Wendet man einen Latex an, der bis auf einen Kautschukgehalt von 10 bis 20% verdünnt worden war, läßt sich eine Porosität von 75 bis 80% des Volumens erzielen; die mechanische Festigkeit solchen Materials ist natürlich erheblich reduziert. Wendet man von Anfang an konzentrierten Latex an, so kann man bis zu Porositäten von 15% herunterkommen. Die Porengröße und das Gesamtporen-Volumen läßt sich auch verringern, indem man aus dem leichten Gel vor der Vulkanisation eine vorbestimmte Menge Wasser auspreßt. So hergestellter mikroporöser Kautschuk hat einige interessante Eigenschaften. Während normaler Hartgummi oder Ebonit nahezu schwarze Farbe aufweist, ist mikroporöser Hartgummi lichtbraun, mikroporöser Weichgummi gelblich. Die Ursache für diese Unterschiedlichkeit in der Farbe zwischen massivem Hartgummi und mikroporösen Produkten beruht auf der Tatsache, daß die Oberfläche des letzteren feinst aufgeteilt ist. Wenn man die Oberfläche von normalem Hartgummi bricht, ankratzt oder ansägt, läßt sich ebenfalls eine Farbveränderung feststellen. Auch Hartgummistaub weist ausgesprochen braune Farbe auf. Der beobachtete Effekt beruht vermutlich in allen Fällen auf der Lichtbrechung an fein aufgeteilten Oberflächen.

Die Richtigkeit dieser Auffassung läßt sich dadurch beweisen, daß man Proben von mikroporösem Kautschuk unter mehreren 100 Atmosphären komprimiert. Das Produkt nimmt sofort dunkle Farbe an, und das ursprünglich opake, poröse Material wird eine homogene feste luftfreie Masse, die transparent und unporös ist. Diese Veränderung ist reversibel. Wird das komprimierte Material für kurze Zeit in kochendes Wasser verbracht, nimmt es wieder die übliche Struktur und Farbe an, die Porosität ist wieder hergestellt. Das gleiche gilt für weichen mikroporösen Kautschuk.

Das feststellbare spezifische Gewicht des mikroporösen Kautschuks gestattet die Berechnung des relativen Verhältnisses von Kautschuk zu Poren. Mikroporöser Kautschuk mit einer volummäßigen Porosität von 50 bis 60% der unter Anwendung von 30% Latex hergestellt wurde, weist ein spezifisches Gewicht von 0,4 bis 0,5 auf. Werden stark verdünnte Latices angewandt, so gelingt es, bei gleichzeitiger Erhöhung der Porosität, Zahlen bis zu 0,2 zu erhalten.

Anscheinend ist man gewissen Schwierigkeiten bei der Bestimmung des absoluten Wertes für den elektrischen Widerstand des Materials begegnet, doch mußte festgestellt werden, daß die elektrische Leitfähigkeit in trockenem Zustand ungefähr die Hälfte der beträgt, die für Holzplättchen gleicher Dicke angegeben wird.

Sobald die Poren in Betrieb mit Schwefelsäure gefüllt sind, ergeben sich außerordentlich niedrige Werte für den elektrischen Widerstand. Es werden Zahlen in der Größenordnung von 0,003 Ohm/100 cm² angeführt. Leider lassen die Zitate die Angabe der Dicke der Separatoren vermissen, bei denen die Ergebnisse erzielt wurden. Das Ausmaß, in dem der elektrische Widerstand eines mikroporösen Hartgummi-Separators von

der relativen Porosität abhängt, ist aus folgenden Zahlen ersichtlich, die sämtlich an Scheidern von annähernd 0,8 mm Dicke erzielt wurden.

Porosität (Luft nach Volumen)	Widerstand (Ohm/Zoll)
31,7%	0,095 Ohm
38,9%	0,077 "
43,4%	0,040 "

Mikroporöser Hartgummi eignet sich daher im besonderen für solche Batterien, bei denen man mit starken Entladungsstößen rechnen muß. Des weiteren bietet er einen ausgezeichneten Widerstand gegen die bei Batterien üblicherweise feststellbaren Temperaturveränderungen. Für hölzerne Separatoren wird die äußerst zulässige Temperatur mit 40 bis 45° C angegeben, für mikroporösen Hartgummi sind Temperaturen von 80° C noch ohne Schädigung erreicht worden, eine Temperatur, die im allgemeinen das einwandfreie Funktionieren einer Batterie selbst schon überschreitet.

Mikroporöser Hartgummi ist auch für alle elektrochemischen Verfahren wie Elektrolyse, Elektroosmose und dergleichen empfohlen worden, bei denen man mit analogen Bedingungen wie bei den Batterien zu rechnen hat. Obwohl der Strom ungehindert Durchgang hat, wird die Wanderung selbst feinst verteilter Materie von einer Elektrode zur anderen verhindert. Das Material bietet auch hohe chemische Stabilität, insbesondere gegen Oxydation, was zweifellos als großer Vorteil in der Verwendung als poröses Diaphragma für elektrochemische Zwecke anzusprechen wäre. Seine Widerstandsfähigkeit gegenüber sauren und alkalischen Flüssigkeiten hat auch seine Verwendung als filtrierendes Medium mit sich gebracht. Auf Grund der außerordentlich feinen Poren können sogar Bakterien leicht aus Flüssigkeiten zurückgehalten werden. Die Festsubstanz lagert sich an der Oberfläche der Platte ab, so daß eine Verstopfung des Filters durch suspendierte Materie nicht in Frage kommt. Die Geschwindigkeit des Durchganges hängt von der Porengröße ab, so daß zu erwarten ist, daß die Filtrationsgeschwindigkeit im Vergleich zu anderen standardisierten Materialien langsam ist. Von der Metallgesellschaft A. - G. bzw. D a r t e x A. - G., Frankfurt a. M., ausgeführte Versuche haben auf den verschiedensten Anwendungsgebieten sehr zufriedenstellende Ergebnisse gezeitigt.⁴⁰ Neben anderen für die Anwendung von mikroporösem Kautschuk in Vorschlag gebrachten Anwendungsgebieten sei seine Verwendbarkeit als Isoliermedium und als Geräuschkämpfer vermerkt. Versuche, die M a s k e ausgeführt hat und von H. Beckmann besprochen werden, geben einen Wert von $1,0 \times 10^{-3}$ für seine spezifische Leitfähigkeit, wohingegen massiver Hartgummi unter gleichen Versuchsbedingungen einen Wert von 7×10^{-3} ergibt.⁴¹ Auf Grund dieser Versuche werden seine wärmeisolierenden Eigenschaften denen von gutem Kork gleichgestellt, mit dem zusätzlichen Vorteil, daß das Material geformt oder granuliert, in harter oder weicher

⁴⁰ Siehe Beckmann, H., Kautschuk 7 (1931) S. 149

⁴¹ Im Landolt-Bernstein sind folgende Zahlen aufgeführt: Massiver Hartgummi 3,3 bis $3,8 \times 10^{-4}$, vulk. Kautschuk 3,5 bis $5,5 \times 10^{-4}$, Kork $1,1 \times 10^{-4}$

Kautschukausführung verfügbar ist. Auch seine Verwendung für Feder-schmierung ist in Vorschlag gebracht worden, wozu die chemische Widerstandsfähigkeit gegen Öle und die Möglichkeit, den Lagern dauernd filtriertes Öl zuzuführen, es besonders geeignet machen. Durch Anwendung entsprechender Formen lassen sich Schmierkissen herstellen, deren Krümmung jeweils den Achsen oder Wellen angepaßt werden kann. Auf Grund von Versuchen in Achsbüchsen, die sich über mehrere Monate erstreckten, konnte festgestellt werden, daß das durch die mikroporösen Kautschukkissen zugeführte Öl nur ein Drittel der sonst üblichen Metallspänemengen aufweist. Der Ölverbrauch soll des weiteren auf 60% der sonst üblichen Menge reduziert sein.

Soweit man aus den gegebenen Beschreibungen entnehmen kann, wird das Beckmannverfahren so ausgeführt, daß der besonders vorbereitete Latex von Sahnkonsistenz in einem endlosen Verfahren zu flachen Fellen gewünschter Dicke gestrichen wird. Im Gegensatz hierzu wendet das Dunlopverfahren eine verhältnismäßig dünne Mischung an. Dieses Verfahren ist für die Großfabrikation unter Anwendung besonders konstruierter Formbatterien ausgearbeitet, so daß eine große Anzahl fertig geformter Separatorenplatten gleichzeitig hergestellt werden kann. Aus Einzelheiten, die aus den bisher zur Veröffentlichung gelangten Patenten entnommen sind, ist das Verfahren ungefähr wie folgt:

Im allgemeinen besteht das Verfahren darin, daß man eine geeignete Latexmischung in einer Form gelisieren läßt und das Gel unter solchen Bedingungen vulkanisiert, daß ein Entweichen von Wasser vermieden wird. Es wird konzentrierter Latex angewandt, der nach Zusatz der erforderlichen Verfestigungsagenzien und nach Einstellung der erforderlichen Stabilität der Mischung, in die zusammengesetzte Form gegossen werden kann. Da ein Latex von verhältnismäßig niedriger Konsistenz zur Anwendung gelangt, besteht keine Gefahr, daß Lufteinschlüsse in den Formen das Auftreten von Luftblasen in den fertigen Fellen verursachen. Einzelheiten einer speziell konstruierten Form sind dem E. P. 349 062/1931 zu entnehmen. Diese Form, die horizontal gelagert ist, enthält Platten, die die Besonderheit von Verschlusseinkerbungen aufweisen, ohne die die Herstellung eines geformten Separators von bestimmter Größe unmöglich wäre. Diese Formplatten werden nun nacheinander in die Form eingebracht, so daß die Mischung nur allmählich aufsteigt. Wenn die letzte Platte in ihre Lage gebracht ist, wird eine Keilform eingeschoben und in ihre endgültige Lage verbracht. Unter diesen Bedingungen füllt die Latexmischung jeden Holzrahmen aus und bedeckt gerade die Oberfläche der Platten, so daß diese verschlossen sind und Luft vollkommen ausgeschlossen wird. Dann wird der Deckel der Form hermetisch aufgesetzt und die den Keildruck regulierenden Schrauben so eingestellt, daß die Formplatten gegeneinandergedrückt werden. Die geschlossene Form wird nun in einen Behälter, der mit kaltem Wasser beschickt ist, unter die Oberfläche desselben verbracht, und dieser nun in einen Autoklaven zwecks Vulkanisation übergeführt. Die Heizzeit wird so eingestellt, daß die erwünschte Festigkeit gewährleistet ist, dann wird die Form abgekühlt, geöffnet und die Separatoren entnommen. Sie werden ge-

trocknet, zurechtgeschnitten und einer abschließenden Durchsicht unterzogen.

Eine gänzlich andere Methode zur Herstellung von porösem Hartgummi ist von M. Wildermann (E. P. 200 577/1922 und E. P. 245 252/1924) entwickelt worden. Die hierfür in Vorschlag gebrachten Anwendungsgebiete sind vielfach unter den oben erörterten zu finden. Wenn auch dieses Material strenggenommen nicht unter die Bezeichnung »Schwammkautschuk« fällt, dürfte eine kurze Beschreibung der Herstellungsmethode hier doch angebracht erscheinen.⁴²

Kautschuk bester Qualität mit einem Gehalt von ungefähr 4% Harz wird mit ungefähr 30% Schwefel vermischt und einer Vorvulkanisation unterworfen. Das anvulkanisierte Material wird dann zwischen Friktionswalzen gemahlen und so gesiebt, daß man Körnungen einheitlicher Größe und gewünschter Feinheit erhält. Das Pulver wird dann in eine Form gewünschter Größe und Gestalt eingefüllt, und so starker Druck angewandt, daß die Masse auf die Hälfte bzw. zwei Drittel der ursprünglichen Schüttung zusammengedrückt wird. Unter Beibehaltung des Druckes wird dann die Vulkanisation beendet. Sämtliche Handhabungen werden bei erhöhter Temperatur, ungefähr zwischen 60 bis 70° C, durchgeführt. Jede Stufe des Verfahrens ist weitgehend standardisiert, um ein Endprodukt zu erhalten, das die richtigen Charakteristika aufweist. Faktoren, die das Endprodukt beeinflussen und daher kontrolliert werden müssen, sind:

1. Größe der Körner,
2. Art der Einfüllung in die Form,
3. Art und Geschwindigkeit der Druckeinwirkung,
4. Tatsächlich angewandter Druck.

Durch Veränderung dieser Bedingungen läßt sich die Porosität des Endproduktes so verändern, daß der Prozentsatz an festem Hartgummi von 20 bis 50% des Materials betragen kann. Körniger poröser Hartgummi ist als Filtrationsmedium für eine Anzahl von Flüssigkeiten und auch als Diaphragma für elektrochemische Arbeiten empfohlen worden. Die Benetzung des porösen Ebonits hat jedoch Schwierigkeiten ergeben, so daß Wildermann zwecks Verminderung des für die Filtration erforderlichen Druckes ein weiteres Verfahren entwickelt hat, gemäß dem die äußere Oberfläche mit einer feinen Lage von Silikagel einheitlich bedeckt wird, so daß der Querschnitt der Poren keine Verringerung erfährt. Hierdurch war es möglich, ein Material hinreichender Benetzbarkeit für Filtrationszwecke oder für Diaphragmen herzustellen. Bei der Anwendung für Akkumulatorenscheider dienen massive Hartgummirahmen als Verstärker, um eine Verbiegung oder ein Ausbeulen im Betrieb zu verhindern.

An dieser Stelle sei auch noch eine weitere Methode zur Herstellung von porösem Weichgummi oder Hartgummi erwähnt, die von H. Zieg-

⁴² Beschreibungen der Herstellungsmethode dieses „körnigen“ porösen Hartgummis finden wir beispielsweise im J. Soc. chem. Ind. 42 (1923) S. 899, und in der Zeitschrift „Korrosion“ (August 1931) S. 33

ner (D.R.P. 558 776 und D.R.P. 556 192, E. P. 283 566/1928) entwickelt wurde. Gemäß diesem Verfahren wird das für die Ausbildung der Porosität anzuwendende Material, wie beispielsweise Sägemehl, erst in einem Lösungsmittel, wie Benzin, getränkt und dann in beliebigen Mengen in eine geeignete Mischung rasch eingewalzt. Auf diese Art und Weise ist es möglich, eine erheblich größere Menge des porenbildenden Materials und des absorbierten Lösungsmittels einzubringen, wodurch ferner bewirkt wird, daß der die Teilchen umhüllende Kautschuk angequollen wird und bei der darauffolgenden Trocknung an diesen Stellen schrumpft. Durch diese Kontraktion tritt eine teilweise Trennung zwischen dem Kautschuk und den porenbildenden Füllstoffen und die Ausbildung von Kapillaren ein. Durch Zusatz von Wasser, das bei der Vulkanisation verdampft, kann die Porosität noch gesteigert werden.

Aus den in der Literatur enthaltenen Details ergibt sich mit Sicherheit, daß man nur dann mit einem Material konstanter Eigenschaften rechnen kann, wenn sämtliche Stufen des Verfahrens genauest eingehalten werden. Obwohl man zugeben muß, daß die Verfahren sehr genial sind und stärkstes Interesse beanspruchen, scheinen sie insbesondere im Vergleich zur Herstellung von mikroporösem Hartgummi direkt aus Latex bisher keine erheblichen kommerziellen Anwendungen gefunden zu haben.

Die physikalischen Charakteristika und Anwendungen von Schwammkautschuk

An verschiedensten Stellen dieser Abhandlung habe ich bei der Besprechung der Herstellung der verschiedenen Schwammkautschuksorten auch kurz auf ihren Verwendungszweck hingewiesen und gleichzeitig auch die spezifischen physikalischen Charakteristika der einzelnen Sorten gestreift.

Einige der üblichsten kommerziellen Anwendungsgebiete für Schwammkautschuk sind:

- Kissen, Sitze für Stühle und allgemeine Polsterungen,
- Kissen, Betten und Auflagen für Hospitäler,
- Bett-Industrie im allgemeinen,
- Matten für Badezimmer usw.,
- Toiletteschwämme,
- Schwammkautschuk-Spielzeuge und -Spielbälle,
- Dichtungen usw.,
- Schwammkautschukunterlagen für Fußbodenbeläge,
- Schwimmkörper für Marinezwecke,
- Wärmeisolatoren, beispielsweise in Kühlanlagen,
- Schalldämpfer in Luftschiffkabinen usw.,
- Stoßdämpfer-Platten usw.,
- Akkumulatorenscheider,
- Filter-Diaphragmen.

Bedenkt man die vielfache unterschiedliche, industrielle und häusliche Anwendung von Schwammkautschuk, so wird man einsehen, daß von den sonst üblichen Prüfmethode für Kautschuk nur wenige hier An-

wendung finden können, so daß eine nahezu neue Technik erforderlich ist, um die Eignung von Schwammkautschuk für die vorgesehenen Zwecke prüfen zu können. Sogar für Zugfestigkeit, Alterung und dergleichen mußten neue Verfahren entwickelt werden, um der so gänzlich neuen Struktur des Materials gerecht zu werden.

Wenn wir die allgemeinste Anwendung von Schwammkautschuk betrachten und somit von den besonderen Anwendungen absehen, bei denen insbesondere die geringe Wärmeleitfähigkeit und die starken geräuschkämpfenden Eigenschaften beansprucht werden, so ergibt sich, daß der größte Verbrauch auf einer Eigenschaft beruht, die, genau genommen eine Erweiterung der Kompressibilität von massivem Kaut-

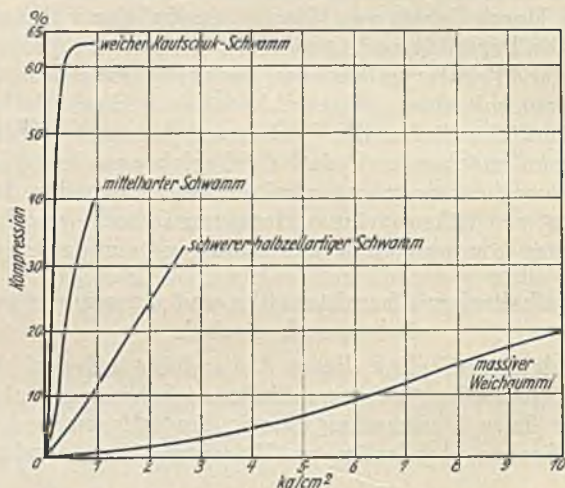


Abb. 857. Belastungs-Kompressionskurven von vulkanisiertem Weichgummi im Vergleich mit typischen Schwammkautschukarten

schuk darstellt. Die Kompressibilität des Schwammkautschuks überschreitet aber die mit massiven Weichgummi-Mischungen erzielbare bei weitem. Deshalb empfiehlt es sich, Schwamm- oder Zellkautschuk überall dort zu verwenden, wo die komprimierende Last so groß ist, daß selbst der weichste Massivkautschuk zu stramm wäre. Dieser bedeutende Unterschied ist aus Abb. 857 ersichtlich, in der das Verhalten eines typischen Weichgummi-Vulkanisates im Vergleich zu einer Anzahl von Schwammkautschukmustern verschiedener Festigkeit gezeigt wird. Die in dem Kurvenblatt aufgeführten Zahlen wurden an Mustern erhalten, deren Fläche 50 cm² und deren Dicke 3 cm betrug. Die experimentellen Vorkehrungen, die man bei der Bestimmung des Verhaltens von Schwammkautschuk unter Belastung zweckmäßig einhält, wurde von H. F. Church⁴³ und ferner in dem Zirkular des United States Bureau of Standards (1929) und auch in einem Aufsatz von Hanshalter⁴⁴ eingehend besprochen.

⁴³ Trans. I. R. I. 4 (1929) S. 533

⁴⁴ I. R. W. (1931) Feb. S. 83

Für die Belastung, die insbesondere für Platten, Felle oder für solche Gegenstände, aus denen eine Platte geschnitten werden kann, bestimmt ist, wird das Muster zwischen zwei Platten verbracht und belastet, und die Verringerung der Höhe gleichzeitig mit der Zunahme der Last vermerkt. Wo dies möglich, empfiehlt es sich, eine Versuchsfläche von 60 cm^2 oder mehr anzuwenden, um den Effekt lokaler Ungleichmäßigkeiten des Materials zu kompensieren. Manche Autoren haben die Anwendung viel kleinerer Belastungsflächen, sogar zu bis nur $1,5 \text{ cm}^2$, erwähnt. Aber hier genügt schon das Vorhandensein noch verbliebener kleiner Hautstückchen, um das Ergebnis stark zu beeinflussen, was

bei Anwendung großer Flächen nicht in Frage kommt. Eine Abänderung der Flachplattenmethode wurde von Church in Vorschlag gebracht. Hier wird an Stelle einer flachen Platte eine Kugel mit einem Radius von 6 cm für die Belastung verwendet. Diese Modifikation weist eine Anzahl Vorteile auf, einer deren wichtigster die Tatsache ist, daß eine Anzahl meßbarer Depressionen schon bei geringer Belastung und mit verhältnismäßig harten Schwämmen erzielbar ist. Abb. 858 zeigt den Typus von Belastungs-Kompressionskurven, die man mit einigen härteren Schwammprodukten der schweren halbzelligen Sorte erzielte. Wenn man auch echte Kompressionskurven durch diese Methode nicht erhält, so sind doch die Ergebnisse einheitlich, und die Methode eignet sich für eine praktischen Kontrolle in der Fabrik.

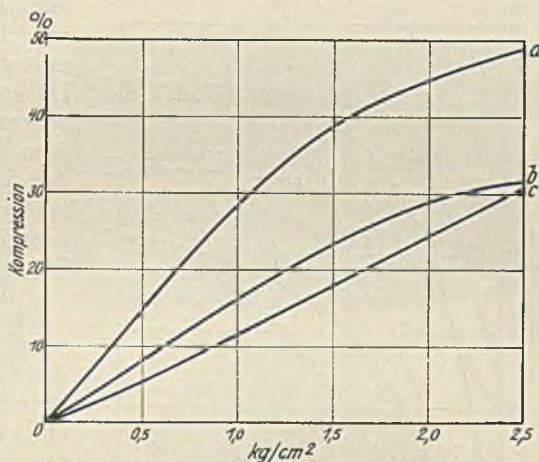


Abb. 858. Belastungs-Kompressionskurven für halbzelligen Kautschuk

Diese Messung bezieht sich ausschließlich auf den Effekt statischer Belastung, und es ist klar, daß in Körpern von der Art wie Schwammkautschuk noch zwei andere Eigenschaften in Aktion treten, denen zumindest gleiche Bedeutung zukommt, als dem Verhalten unter Belastung. Es ist dies die Hysterese und der Widerstand. Diese beiden Eigenschaften stehen miteinander in gewissem Zusammenhang, da sie weitestgehend von der Art der angewandten Mischung, ihrer Härte oder Weichheit, ihrer Vulkanisation, Nervigkeit und Fehlen von Klebrigkeit abhängen. Auch die mechanische Struktur des Schwammes spielt eine bedeutende Rolle. In dem echten Zellkautschuk wie in den expandierten Sorten, in denen jede Zelle völlig abgeschlossen ist, können die gegenüberliegenden Zellwände sich nie treffen, da das Gas während der Druckeinwirkung nicht entweichen kann. Dementsprechend wird Klebrigkeit des Kautschuks,

wenn sie nicht mit einer ausgesprochenen Schlappeit der Mischung (beispielsweise bei Untervulkanisation) verknüpft ist, den Widerstand des Schwammes kaum beeinflussen können. In dem vorerwähnten Zirkular des United States Bureau of Standards ist unter dem Titel »Hysteresis unter Eindruck« auf eine Prüfung des Widerstandes hingewiesen. In dieser Prüfung wird eine an einem Seidenfaden vertikal als Pendel aufgehängte Stahlkugel von $1\frac{1}{16}$ Zoll Durchmesser angewandt. Das Schwammmuster liegt auf einem Stahlblock und das Pendel wird nun aus verschiedener Höhe auf das Muster fallengelassen und der Verlust an Höhe beim Rückprall als Hysteresisverlust bezeichnet. Dieser Verlust ändert sich mit dem Verlust an Höhe. Die Differenz wird von den Forschern weitgehend abhängig von dem Widerstand des Entweichens der Luft in und aus den Poren während der momentanen Kompression und der Erholung erklärt.

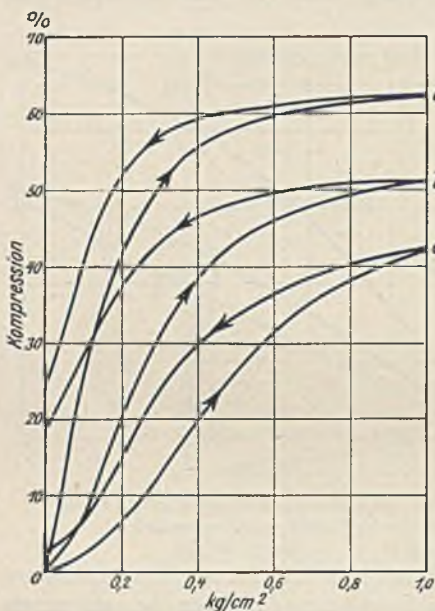


Abb. 859. Mineralische Verstärkung

a = 0,5 Vol. ZnO

b = 10 „ „

c = 20 „ „

Diese Art der Prüfung hat wenig Beachtung gefunden, leistet aber in Verbindung mit anderen Prüfungen für widerstand- und stoßdämpfende Eigenschaften wertvolle Dienste bei einer raschen Kontrolle größerer Materialmengen.

Für die Bestimmung des Hysteresisverlustes in Schwammkautschuk läßt sich das Probestück und die Apparatur verwenden, die man für den Belastungs-Kompressionsversuch benutzt. In diesem Fall aber wird die Last von der maximal angewandten allmählich reduziert und die Beobachtungen werden mit der äquivalenten Kompression verglichen. In Abbildung 859 sind Beispiele solcher Retraktionskurven wiedergegeben, die direkt vergleichbar sind mit den korrespondierenden Belastungskurven, insofern als Hysteresisverluste in typischen Schwammkautschukarten vorkommen. Für eine endgültige quantitative Bestimmung der Hysteresis lassen sich Methoden, die für gewöhnliche Kautschukmischungen Anwendung finden, wie beispielsweise die von Schwartz, anwenden.

Eine Untersuchung der Kompressionseigenschaften von Schwammkautschuk zeigt, daß man ihn annähernd in drei typische Gruppen aufteilen kann.

1. Schwämme geringen spezifischen Gewichts mit großen Poren.
2. Ausgesprochener Zellkautschuk und halbfeste Schwämme hohen spezifischen Gewichtes.
3. Schwämme mittleren spezifischen Gewichts, mitunter teilweise zellig strukturiert (Abb. 860).

Diese drei Typen lassen sich durch die Belastungs-Kompressionskurven leicht unterscheiden (s. Abb. 861). Bei der erstgenannten Art ergibt sich geringer Widerstand gegen Kompression bis annähernd alle Luft den Schwamm verlassen hat, so daß dann das weitere Verhalten vornehmlich von der Art des angewandten Kautschuks abhängt (Kurve a, Abb. 861).

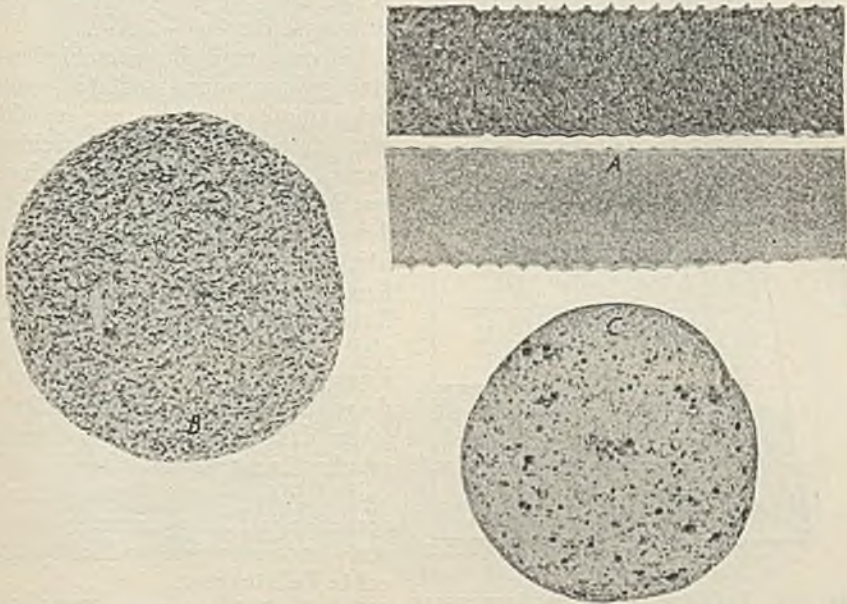


Abb. 860. Muster von Zellkautschuk und halbzelligem Kautschuk
A und C zellig, B halbzellig

In Schwämmen der Gruppe 2 spielt die in den Zellen eingeschlossene Luft bei Kompression schon eine erhebliche Rolle. Für unsere Zwecke kann man sie als echt elastisch bezeichnen. Bei der Kompression derartigen Kautschuks sind die auf die Zellwände ausgeübten Einwirkungen schon zum großen Teil Zugwirkungen und können diese erhebliche Größen erreichen. Die bemerkenswerte Elastizität von Zellkautschuk bei Kompression ist schon in den Experimenten über Onazote (S. 1115) beschrieben worden. Schon bei geringster Belastung machten sich die Zugfestigkeiten bemerkbar und tun dies auch während der weiteren Belastung. Die charakteristische Kompressions-Druck-Zugkurve eines derartigen Schwammes ergibt sich aus der Kurve c, Abb. 861. Die dritte Gruppe ist durch Kurve b charakterisiert. Ihre Struktur liegt zwischen den vorerwähnten Arten und auch die Kurve liegt zwischen den vor-

erwähnten. Die genaue Lage derselben ist von dem Verhältnis offener und geschlossener Zellen abhängig.

In bezug auf die Frage der Zelligkeit hat Church in dem vorerwähnten Aufsatz eine geniale Methode zur Bestimmung des Prozentsatzes zellulärer Luft in einem beliebigen Muster gegeben. Die Methode beruht auf der Tatsache, daß die Luft offener Poren dem Boyleschen Gesetz folgen wird, wenn sie in einer luftgekühlten Kammer eingeschlossen ist, die Druckvariationen ausgesetzt werden kann. Wenn nun die Luft der offenen Zellen solcher Drucksteigerung gegenüber empfindlich ist, ist die in isolierten Zellen eingeschlossene Luft durch die erhaltenen Zellwände auch schon gegen die geringste Drucksteigerung geschützt.

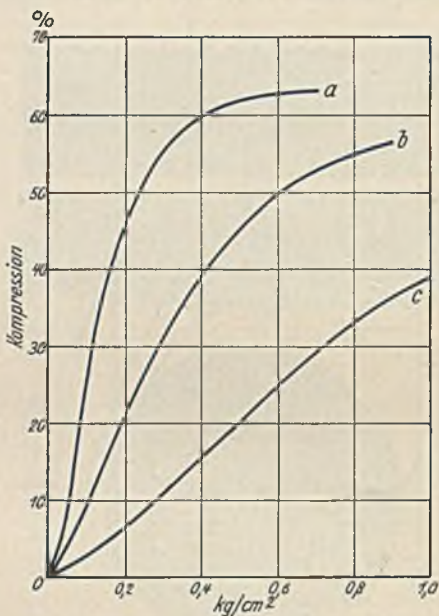


Abb. 861. Belastungs-Kompressionskurven für Schwammkautschuk verschied. Typen

Da die Belastung per Flächeneinheit in weiten Grenzen schwanken kann, so ist es dringend erforderlich, den Verlauf der Kurve genau zu verfolgen, um den verschiedensten Betriebsbedingungen gerecht werden zu können.

Eine Untersuchung typischer käuflicher Schwämme (Abb. 862) zeigt, daß diese durch Abänderung der Dichte des Schwammes mit Hilfe von Gewichtsveränderungen der Presse oder Form erzielbar sind. Wenn dies auch eine verhältnismäßig einfache Herstellungsmethode ist, dürfte der logische Weg der sein, die die Zellwände bildende Mischung ähnlich zu verstärken, wie dies für massive Kautschukarten der Fall ist. Der Effekt, den man durch Einführung verschiedener Mengen von ZnO erzielt, läßt sich aus Abb. 859 entnehmen. Man beachte die deutliche Umlagerung der Kurve gegen die Zugordinate mit zunehmenden Zinkoxydmengen. Andere verstärkende Agenzien können selbstverständlich auch Anwendung finden, ebenso wie man den versteifenden Effekt verschiedener orga-

nischer Beschleuniger ausnutzen kann. Wenn man auch Schwierigkeiten in der Blähung als Ursache für frühzeitige Verstärkung erwarten kann, ist es dennoch möglich, eine große Anzahl von Abarten herzustellen. Berücksichtigt man das Verhalten von Schwämmen unter Belastung, muß man auch die Erholung des Schwammes nach der Kompression betrachten. Zur Bestimmung dieser Eigenschaft lassen sich Methoden anwenden,

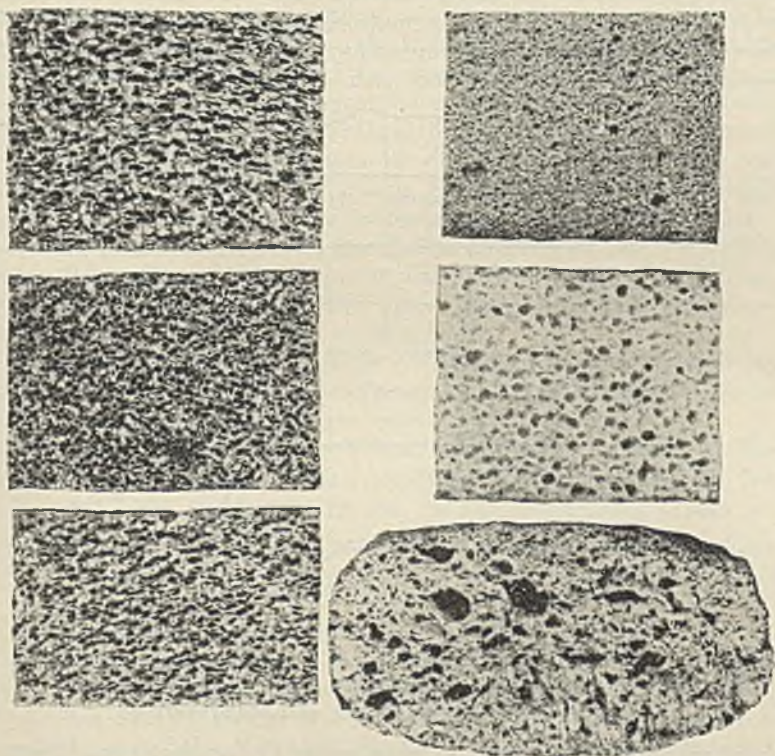


Abb. 862. Beispiele von Schwammstruktur

die der Bestimmung der bleibenden Dehnung in üblichen Kautschukartikeln ähnlich sind.

Nachdem man zu einer vorbestimmten Stärke komprimiert hat, und diese Kompression für eine Zeit von 12 bis 24 Stunden beibehalten hat, wird die Last entfernt, und die Dicke des Musters nach, sagen wir, einer Minute und nach einer Stunde bestimmt. Das Ausmaß bis zu dem man komprimiert, hängt natürlich von der Art des zu prüfenden Schwammmaterials ab und soll sich immer im Rahmen dessen halten, was man von den betreffenden Schwämmen im tatsächlichen Gebrauch verlangt. Auf diese Art und Weise ist es oft möglich, wertvolle Hinweise auf das Verhalten verschiedener Schwammstrukturen unter Bedingungen zu erhalten, die denen der tatsächlichen Verwendung nahekommen. Es ist aber bei einem Material mit so variablen Eigenschaften wie Schwammkaut-

schuk nicht zu verlangen, daß man eine universell gültige Standardregel festlegen kann.

Stoßdämpfung und Vibration

Schwammkautschuk findet vielfach Anwendung auf Grund seiner stoßdämpfenden und vibrationsdämpfenden Eigenschaften. Hier unterscheidet sich Schwammkautschuk fundamental von vielen anderen Materialien oder Mechanismen, die für den gleichen Zweck verwendet werden, da er keine deutliche natürliche Schwingungsperiode aufweist. Wenn auch beispielsweise die Belastungskompressionskurven, die für typischen Schwammkautschuk gegeben sind, sich in manchen Fällen durch An-

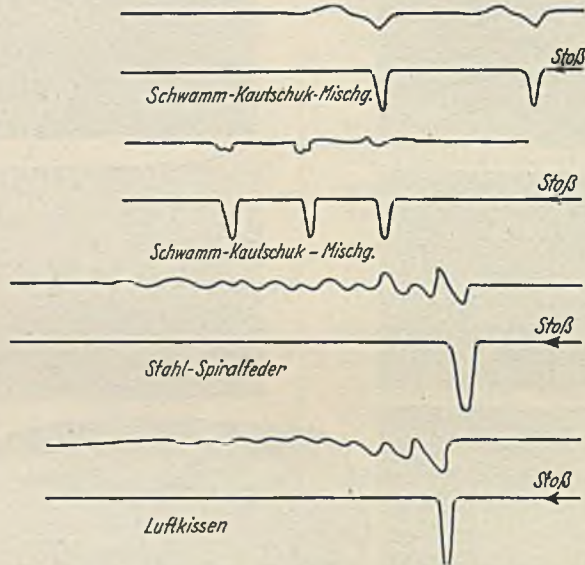


Abb. 863. Vibrationsdämpfung von Schwammkautschuk im Vergleich mit Luftkissen und Stahlfedern

wendung schraubenförmiger oder elliptischer Federn kopieren ließen, sei darauf hingewiesen, daß diese Kurven selbst keine restlose Indikation der dämpfenden oder absorbierenden Eigenschaften darstellen, da sie sich ausschließlich auf statistische Bedingungen beziehen und eine freie Bewegung des Musters als Erwidern auf den ausgeführten Stoß nicht möglich ist. Es wurde eine Anzahl von Versuchen zu dem Zweck ausgeführt, um die relative Dämpfung und Stoß-Absorption von Schwammkautschuk im Vergleich zu anderen verfügbaren Möglichkeiten zu zeigen. Typische Ergebnisse sind aus Abb. 863 ersichtlich. Bei diesen Versuchen wurden Proben von Schwammkautschukfellen von einem Zoll Dicke zwischen Stahlplatten verbracht, an denen ein Arm mit Registrierfeder angebracht wurde. Diese Federn waren mit einer Metalltrommel, auf der ein Registrierpapier aufgespannt war, in Verbindung. Die Trommel rotierte mit einer Geschwindigkeit von 5 cm pro Sekunde. Die Muster wurden für diese Versuche mit ungefähr 70 g pro cm² belastet. Dann wurde gegen die untere Platte zentral und in Richtung nach oben

ein scharfer Schlag geführt. Der Schlag ist auf der jeweils unteren Linie registriert, die sich ergebende Bewegung der oberen Platte aus der oberen Linie ersichtlich. Für die Vergleichsversuche wurde selbstverständlich das andere Material an Stelle der Schwammfelle eingelegt.

Die Fähigkeit, stoß- oder vibrationsdämpfend zu wirken, wird zumindest in gewissem Maße davon abhängen, wie groß der Widerstand ist, der dem Austritt der Luft aus den Poren entgegentritt. Man kann hier ein Analogon zu der Funktion des Öles oder anderer Flüssigkeiten ziehen, die bei Einwirkung von Druck durch kleine Öffnungen getrieben werden, wie dies beispielsweise bei den hydraulischen Absorptionsvorrichtungen der Aeroplan-Landegestelle oder in den Rücklaufsystemen der Artillerie der Fall ist. Der Charakter der Schwammkautschukmischung ist für die Bestimmung der Eignung für die vorgesehenen Zwecke wesentlich. Zellgröße, Stärke der Zellwände, Festigkeit und Widerstandsfähigkeit der Mischung spielen eine bedeutende Rolle. Das Ausmaß in dem eine Kommunikation zwischen den Zellen möglich ist, das Verhältnis der äußeren Poren, die offen sind, zu der Luft, usw., können wesentliche Veränderungen in dem Verhalten des Materials als stoßabsorbierendes oder vibrationsdämpfendes Medium bedingen.

Ein weiterer bedeutender Faktor ist natürlich der Grad der Belastung unter normalen Betriebsbedingungen und die Lage, die dieser Zustand in der Belastungskompressionskurve einnimmt.

Es wurden auch noch andere Versuche ausgeführt, z. B. unter Anwendung eines Sitzes eines Privatautomobils von internationalem Namen. Die verschiedenen Polstermaterialien, die zur Anwendung kamen, waren:

- a) Schwammkautschuksitz, hergestellt aus Zellluftkissenkautschuk,
- b) ein pneumatisches Kissen standardisierter Herstellung und Konstruktion,
- c) schraubenförmige Stahlfedern.

Das Kissen wurde mit einer Stahlscheibe von 50 kg belastet, so daß die gesamte mit dem Kissen in Berührung stehende Fläche ungefähr 1300 cm² betrug. Das 50-kg-Gewicht wurde mit einem hölzernen Hammer scharf angeschlagen, und die Vibration des Gewichts auf dem Kissen wurde auf einem Papierstreifen registriert, der mit Hilfe eines Uhrwerkmotors mit geeigneter Geschwindigkeit angetrieben wurde. Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse wieder:

Tabelle 2

Sorte des Kissens:	Kraft- Verformung		Dämpfung log. Dec.	Periode Sekd.	Amplitude d. Anfangs- bewegung		Beschleunigung i. ersten Viertel	
1. Zell-Luft-Kissen- Kautschuk	62	4,86	0,89	0,24	0,35	0,89	16,1	492
2. Schraubenfeder	53	3,72	0,26	0,36	1,00	2,54	20,6	630
3. Kautschuk - Luft- polster, wenig auf- gepumpt	93	6,55	0,37	0,16	0,39	0,99	40,6	1240
4. Kautschuk - Luft- polster (stark auf- geblasen)	59	4,15	0,41	0,17	0,34	0,86	33,7	1028

Die Zeitveränderungskurven für die drei Sitze sind aus Abb. 864 ersichtlich. Die außerordentlich schnelle Auslöschung der Vibration im Fall des Zell-Luftkissens ist hier besonders deutlich. Das pneumatische Kissen weist eine viel längere Periode auf, ist aber der Schraubenfeder noch erheblich überlegen. Diese Versuche zeigen deutlich die Überlegenheit von Schwammkautschuk gegenüber anderen Materialien. Während sowohl die Stahlfeder- als auch das Kautschuk-Luftkissen eine merkliche natürliche Periode aufweisen, zeigt der Schwammkautschuk der verschiedensten Typen jeweils eine sehr kleine oder gar keine Periode. Der Zeitintervall, über den eine merkliche Bewegung der Stahlschraube und des Luftkissens noch vorliegt, erstreckt sich über mehrere Sekunden. Bevor wir die Dis-

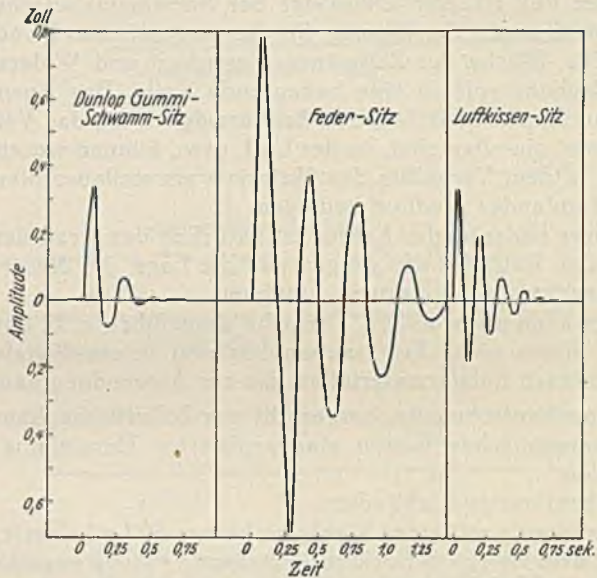


Abb. 864. Absorption der Vibration bei Automobilsitzen hergestellt aus
a) Schwammkautschuk, b) Luftkissen, c) Stahlfedern

kussion über die Anwendung von Schwammkautschuk für Stoßabsorption und -vibration abschließen, sei noch auf die erst kürzlich eingeführte Anwendung von mit Schwammkautschuk unterlegten Fußbodenbelägen verwiesen, zumal sich diese Anwendung steigender Beliebtheit erfreut. Bei dieser Anwendung wird eine Platte massiven Kautschuk-Fußbodenbelages mit einer Unterlage von Schwammkautschuk zusammenvulkanisiert, so daß bei der Verlegung die Schwammplatte nach unten zu liegen kommt. Die Schwammunterlage, die dem Druck nachgibt, bedingt, daß die Geschwindigkeit des Eindruckes bei Begehen des Bodens verringert wird, so daß auf diese Art und Weise der durch das Begehen auf den Betreffenden rückwirkende Stoß verringert wird. Hierdurch wird ferner Lärm verringert, gleichzeitig ergibt sich eine Erhöhung des Komforts und des Widerstandes für den Benutzer von Kautschuk-Fußbodenbelag.

Obwohl man verschiedentlich für die Verwendung von Schwammkautschuk Vorteile in akustischer Beziehung beansprucht hat, erscheint die Berechtigung im vorliegenden Falle hierzu zumindest zweifelhaft. Viel ist schon über die relativen Vorteile und Nachteile bei der Anwendung verschiedenster Fußbodenbeläge in Kirchen, öffentlichen Gebäuden, Theatern und Kinotheatern geschrieben worden. Endgültig festgestellt wurde, daß Kautschuk-Fußbodenbelag Schallwellen geringer absorbiert als beispielsweise Filz oder Teppiche. Könnte man Schwammkautschuk ohne Oberflächenhaut als Belag verwenden, würde man zweifellos in bezug auf Schallabsorption teppichähnliche Eigenschaften erzielen.

Wärme-Isolator

Die Verwendung von Kühlanlagen für Nahrungsmittel sowohl im Hause als im Ferntransport ist in ständigem Wachsen begriffen. Der Kühlraum besteht im allgemeinen aus einem Inneren, das annähernd bis auf den Gefrierpunkt gekühlt wird, umgeben von einem Mantel mit niedriger Wärmeleitfähigkeit oder von Hohlräumen (Doppelwände), die mit Substanzen wie Kork, Asbestwolle usw. gefüllt sind. Der ideale Isolator würde selbstverständlich ein Vakuum sein. Der sich hierbei ergebende Außendruck auf die Wände würde diesen Gedanken aber unpraktisch machen. Als nächste Annäherung muß eine Schicht ruhiger trockener Luft bezeichnet werden. Ideale Bedingungen können hierbei schwer erreicht werden, da es so gut wie ausgeschlossen ist, Konvektionsströme der Luft zu vermeiden, wodurch sofort eine Verringerung der Isolationseigenschaften bis zu 50% verursacht wird. Des weiteren dürfte es technisch sehr schwierig sein, die Luft dauernd so trocken zu halten, wie es für Zwecke der Wärmeisolation erforderlich ist. Sowohl Kork wie Asbestwolle unterliegen trotz ihrer niedrigen Wärmeleitfähigkeit denselben Nachteilen, denn es ist außerordentlich wichtig, daß das Isoliermaterial seine Eigenschaften durch Absorptionsfähigkeit von Feuchtigkeit oder durch sonstige im üblichen Betrieb denkbaren Veränderungen stark verändert. Betrachtet man die Eigenschaften von Zellkautschuk, so wird man zugeben müssen, daß dieses Material die erforderlichen Bedingungen in weitgehendem Maße erfüllt als alle bisher bekannten Substanzen. Vom praktischen Gesichtspunkt aus kann man Zellkautschuk als eine Schicht ruhiger trockener Luft auffassen, die nicht durch Feuchtigkeit verändert werden kann, denn seine Struktur kann man sich als Säule trockener Luft, eingeschlossen in Kautschuk, der selbst ein guter Wärmeisolator ist, vorstellen, wodurch noch die Aufteilung in kleinste Teilchen vorteilhaft ist.

Früher erwähnte Versuche haben noch ergeben, daß Zellkautschuk ausgesprochen nicht feuchtigkeitsabsorbierend ist, so daß die für einen wirksamen Wärmeisolator erforderlichen Bedingungen in hohem Grade erfüllt sind. Die bemerkenswerten Vorteile für diese Zwecke sind von Zeit zu Zeit aufgezeigt worden und finden nunmehr zunehmende Beachtung. Es ist daher nicht von der Hand zu weisen, daß ein derartiges Material, wenn unter ökonomischen Bedingungen herstellbar, für Zwecke der Kühlanlagen nahezu universelle Anwendung finden könnte.

Die Verwendung von Zellkautschuk als Wärmeisolator bei erhöhten Temperaturen sei jedoch in Vorschlag gebracht. Zum Zwecke des Vergleiches sei die Wärmeleitfähigkeit in c. g. s.-Einheiten einiger Substanzen aufgeführt. Die Zahlen beziehen sich selbstverständlich nur auf das trockene Material:

Luft	0.0000568
Korklagen . .	0.00011
Zellkautschuk .	0.00008

Die Alterung

Die sonst für die Prüfung des Alterungswiderstandes von Kautschukmischungen angewandten Methoden ergeben bei der direkten Übertragung auf Schwammprodukte gewisse Schwierigkeiten. Gleichgültig ob man Bombenalterungen oder Schrankalterungen anwendet, besteht die Gefahr, daß die äußeren Zellen oder die ihnen direkt benachbart liegenden dem Angriff der zirkulierenden Luft oder des Sauerstoffs eine große Oberfläche bieten, das Innere der Masse hingegen als Zentrum einer praktisch stagnierenden Luftmasse nur eine sehr langsame Diffusion von Sauerstoff zuläßt.

Eine Methode, mit Hilfe der man diesen Nachteil in hohem Maße ausschalten kann, besteht in einer Schrankalterung, bei der man ein periodisches Atmen des Musters in gleichmäßigen Intervallen während mehrerer Stunden dadurch erreicht, daß man das Muster zu gegebener Zeit komprimiert, wodurch die darin enthaltene Luft ausgestoßen wird und sie sofort wieder in den Ofen verbringt. Auf diese Art und Weise ist es möglich, bessere Ergebnisse, und insbesondere mit der natürlichen Alterung besser vergleichbare, zu erzielen. Wenn auch diese Methode für Zellkautschuk nicht anwendbar ist, sei darauf hingewiesen, daß die Bedingungen ohne die Atmung hier vergleichbar bleiben, da ja eine Atmung des Zellkautschuks nicht in Frage kommt. Das Ergebnis der Alterungsversuche läßt sich dadurch ermitteln, daß man die gealterten Proben den vorherbeschriebenen Prüfungen, wie beispielsweise Belastung, Kompression, Hysterisis- und Widerstandsuntersuchungen, unterwirft. Im allgemeinen wird selbstverständlich der Schwamm nachhärten und somit der Kompression zunehmenden Widerstand entgegensetzen. Gleichzeitig wird sich aber eine erhöhte Ermüdung in der Retraktionskurve zeigen. Wenn auch vielleicht nicht ausgesprochene Vergleiche mit tatsächlichen Bedingungen hier getroffen werden, so läßt sich der Einfluß der Alterung auf die Masse durch Prüfung der Zugfestigkeit und Bruchdehnung bestimmen. Hier ergibt sich allerdings eine grundlegende Schwierigkeit in der Herstellung der erforderlichen Prüflinge infolge der Schwammstruktur. Eine Schwierigkeit, die mitunter durch die Lagerung der Zellwände in vielen marktgängigen Schwämmen erhöht wird. H. P. Stevens⁴⁵ hat eine Methode angegeben, gemäß der das Muster in eine massive zusammenhängende Masse durch Erhitzung verwandelt wird, was man dadurch erzielt, daß man das Muster in völlig komprimiertem Zustand für

⁴⁵ Trans. I. R. I. 4 (1929) S. 486

die Dauer von 72 Stunden einer Temperatur von 70° C trockener Hitze aussetzt. Das Ergebnis ist aus Abb. 865 ersichtlich, so daß das erhaltene Probestück der üblichen Zugfestigkeitsprüfung unterworfen werden kann. Erfreulicherweise wurde festgestellt, daß selbst echter Zellkautschuk nach diesem Verfahren in ein massives Produkt verwandelt werden kann, das auch nicht mehr die geringste Spur von Porosität selbst bei Anwendung eines Mikroskopes zeigt. Dieser Versuch kann dadurch ausgebaut werden, daß man die Alterungseigenschaften von Schwammkautschuk erst mit Hilfe der Atmungsmethode bestimmt und daran anschließend die Stevensche Methode zur Anwendung bringt. Selbstverständlich wird die Stevensche Methode niemals die tatsächlichen ursprünglichen Festigkeitsdaten der Mischung ergeben, da eine dreitägige Wärmebehandlung

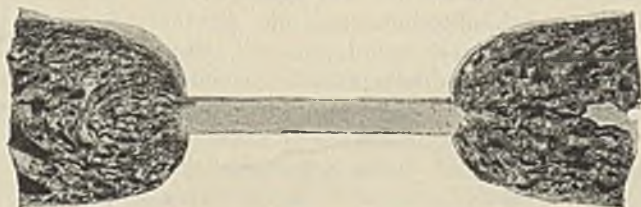


Abb. 865. Probestück der Zugfestigkeitsprüfung nach Stevens

erforderlich ist, um das Präparat vorzubereiten; das Verfahren hat sich jedoch zur Erzielung wertvoller Vergleichsdaten gut bewährt.

Stevens hat auch versucht, an Hand einer Anzahl käuflicher Schwammkautschuksorten ein Kriterium für die Alterungseigenschaften durch Bestimmung der mit warmem Aceton extrahierbaren Substanz zu erhalten. Er fand, daß zwar einige Muster fortschreitende Zunahme ergeben, andere hingegen nach gewisser Zeit eine Abnahme aufweisen, so daß die Acetonextrakte keinen schlüssigen Hinweis auf die Alterungseigenschaften ermöglichen.

Schwammkautschuk enthält fast immer einen großen Prozentsatz von Erweichern. Ihr Verhalten gegenüber Oxydation variiert aber so, daß Produkte entstehen können, die durch Oxydation nicht mehr acetonlöslich sind, und hierauf dürfte wohl das Fehlschlagen oben erwähnter Versuche zurückzuführen sein. Die direkte Bestimmung der Zugfestigkeit von Schwammkautschuk ist jedenfalls nicht von grundlegender Bedeutung, und mit Ausnahme von speziellen Produkten, wie Toilettenschwämmen, Spielbällen und Spielzeug und dergleichen, sind die von Schwammkautschuk im allgemeinen zu fordernden Eigenschaften gute Alterung und zufriedenstellendes Verhalten bei Kompression.

KAUTSCHUKFUSSBODENBELAG¹

VON W. H. REECE, ESQ., B. SC., B. SC. (ENG.), A. I. C., A. I. R. I., (SC). THE LABORATORY,
THE LEYLAND & BIRMINGHAM RUBBER CO. LTD., LEYLAND, ENGLAND

Die Anwendung von Kautschuk als Standardmaterial für das Belegen von Fußböden datiert bis in die letzten Jahre des 19. Jahrhunderts zurück und ist durch die Einführung ineinandergreifender Fliesen gekennzeichnet. Diese ersten Muster waren zwar hart, von sehr geringer Rückprallelastizität und sehr schlechter Farbe, bewährten sich jedoch selbst an Stellen stärkster Beanspruchung recht gut. Sie müssen als Grundstein für den derzeitigen Erfolg der Kautschukfußböden aufgefaßt werden. Seit diesen ersten Versuchen hat sowohl die Herstellung als auch die künstlerische Ausführung von Kautschukfußböden einen erheblichen Fortschritt zu verzeichnen. Die erwähnten Nachteile wurden beseitigt und die dem Kautschuk eigenen Charakteristika so herausgearbeitet, daß ein moderner Kautschukfußbodenbelag heute wohl für jede Art von Gebäude als der führende Bodenbelag aufgefaßt werden darf.

Zu der Zeit, als die ineinandergreifenden Fliesen eingeführt wurden, war der Preis für den angewandten Rohkautschuk im Verhältnis zu den anderen Beimischungen außerordentlich hoch. Um daher damals Fliesen zu einem diskutablen Gestehungspreis herzustellen, war es erforderlich, den Kautschukgehalt so niedrig wie möglich zu halten und die Mischung in hohem Maße mit Erweichern und Füllstoffen abzumagern.

Die folgende Mischung für eine rote Fliese veranschaulicht die damalige Praxis:

Kautschuk	100
Dunkler Faktis	100
Kreide	500
Eisenoxyd	250
Schwefel	40

Aus dieser Mischung hergestellte Fliesen waren hart und neigten zum Ausblühen, eine Eigenschaft, die aber nicht als Nachteil empfunden wurde, da der Abrieb, sowohl durch die Benutzung als auch durch die Reinigung, im allgemeinen genügte, um die Anhäufung von übermäßig vielem Schwefel auf der Oberfläche zu verhindern. Es ist anzunehmen, daß diese Fliesen als Ersatz für keramische Platten gedacht waren. Ihr erstaunlicher Widerstand gegenüber Abnutzung zeigte aber bald, daß Kautschuk sehr ökonomisch sei, und daß sich für Kautschukfußbodenbeläge als solche ein bedeutendes Anwendungsgebiet entwickeln ließe, ohne auf sie nur als Ersatzmaterial zurückgreifen zu müssen. Der nächste Fortschritt bestand in der Ausarbeitung einer weiteren Mischung, um so der Vorteile der elastischen Eigenschaften des Kautschuks teilhaftig zu werden. Dies geschah ungefähr um das Jahr 1910. Da auch damals noch Kautschuk sehr teuer war, wurde mit seiner Anwendung tunlichst gespart und die Mischung durch Zugabe großer Mengen von Erweichern

¹ Übersetzt von E. A. Hauser

hergestellt. Die folgende Mischung einer grünen Fliese veranschaulicht die Arbeitsweise zu dieser Zeit:

Kautschuk	100
Pontianak	350
Weißer Faktis	1200
Kreide	1000
Lithopone	700
Chromgrün	250
Schwefel	150
Magnesiumoxyd	40

Diese Mischungen erwiesen sich in bezug auf Abnutzungswiderstand sogar noch besser als die älteren harten Modifikationen; sie waren jedoch zu weich, um als wirklich zufriedenstellend bezeichnet werden zu können. Schwere Gegenstände, wie z. B. Möbelstücke, verursachten eine ungleichmäßige Oberfläche, ferner ergab sich eine gewisse Dehnung des Materials, so daß die Haftung auf dem Untergrund nicht von Dauer war. Die Beseitigung dieser Nachteile und die Verbilligung des Kautschuks änderte wieder die bis dahin bevorzugte Mischung. Der übermäßige Gebrauch von Erweichern und der an sich hohe Füllstoffgehalt der Mischungen verschwand. Es ergab sich nun aber eine sehr unterschiedliche Auffassung unter den einzelnen Fabrikanten bezüglich der erwünschten Härte einer Bodenbelagsmischung, eine Meinungsdivergenz, die auch noch heute besteht, wie beispielsweise aus der großen Menge von Härtezahlen ersichtlich ist, die kürzlich von der *British Rubber Manufacturers Association* zur Veröffentlichung gelangten. Diese stellt fest, daß die Härte unter Anwendung einer $\frac{1}{8}$ -Zoll-Kugel mittels des Poussey- und Jones-Plastometers zwischen 32 und 80 liegen muß. Im öffentlichen Gebrauch ist die geeignetste Härte weitgehend eine Frage persönlicher Ansicht, da die einen einen weichen, elastischen, die anderen einen härteren Boden vorziehen. Der weiche Belag hat den Vorteil, Lärm und Erschütterung stärker zu dämpfen als ein harter Boden, er zeigt aber leichter etwaige Fehler des Untergrundes und wird durch schwere, auf ihn gestellte Möbelstücke leicht deformiert. Auch in der Fabrik hat jede Art von Mischung ihre Vorteile. Bei einer weichen Mischung läßt sich die Mischarbeit und die Kalandrierung bei niedrigeren Temperaturen ausführen, so daß starke organische Beschleuniger Anwendung finden können, wodurch wieder die Vulkanisationszeit verringert werden kann. Auch die Vulkanisation selbst in hydraulischen Pressen führt leichter zu zufriedenstellenden Ergebnissen, da der Kautschuk unter Druck leichter fließt, wodurch wieder die Dicke leichter kontrollierbar ist, oder aber man kann mit geringeren Drucken arbeiten. Hinzu kommt noch, daß die größere Klebkraft der unvulkanisierten Kautschukoberfläche beispielsweise die Dublierung mit geringeren Schwierigkeiten und zur größeren Zufriedenheit gestattet, da die Gefahr späterer Lagentrennung erheblich vermindert ist. Wenn auch diese Eigenschaft bei der Herstellung von Platten oder Fliesen nicht so sehr von Bedeutung ist, da der hohe Druck in den hydraulischen Pressen die Vereinigung des Kautschuks zu einer Einheit gewährleistet, sind diese Eigen-

schaften sehr vorteilhaft, wenn es sich um die Herstellung von Bahnen handelt, da hierbei die Vulkanisation ohne sehr starken mechanischen Druck erfolgen muß. Bei härteren Mischungen hingegen kann das Beschneiden und Zurichten exakter ausgeführt werden, da diese Mischungen sich unter dem Druck des Messers weniger leicht verformen. Der erzielte Schnitt ist viel rechtwinkliger zu der Oberfläche und erheblich weniger gekrümmt als bei weichem Kautschuk. Die härtere Art ist auch leichter zu verlegen, da sie viel weniger von dem in der Klebmasse vorhandenen Lösungsmittel aufnehmen wird und sich demgemäß an den Kanten weniger leicht aufrollt. Auch der Arbeiter kann diese weniger leicht deformieren, wodurch die Genauigkeit seiner Arbeit gewinnt.

Bei sachgemäßer Handhabung können aber alle diese fabrikatorischen Schwierigkeiten überwunden werden, und es lassen sich heute gute Bahnen von Kautschukfußbodenbelag oder exakt zugeschnittene Fliesen sowohl in harter als auch weicher Qualität herstellen. Nach erfolgter Verlegung aber muß man der härteren Mischung einen ausgesprochenen Vorteil zuerkennen, der darin besteht, daß ihre Haftung auf dem Untergrund viel dauerhafter ist.

Wenn der Kautschuk zu weich ist, mag zwar die Haftung sofort nach der Verlegung zufriedenstellend sein, aber schließlich werden die durch die Beanspruchung auftretenden Kräfte den Kautschuk dehnen und vom Untergrund abheben.

Füllstoffe

Von den als Füllstoffe bei der Herstellung von Fußbodenbelag am allgemeinsten gebräuchlichen, seien die folgenden erwähnt: Zinkoxyd, Lithopone, Titanweiß, Magnesiumcarbonat, Calciumsulfat, Kreide, Kieselerde, China clay und mineralische oder organische Farbstoffe. Außerdem können Erweicher, Beschleuniger und Regenerat Anwendung finden.

Zinkoxyd wird als weißes Pigment, Verstärker und Beschleunigeraktivator angewandt. Seine Farbe ist mitunter eher schwach gelb als rein weiß, sein größter Nachteil ist aber der hohe Volumpreis. Wo die Kosten nur eine sekundäre Rolle spielen, ist es bei der Herstellung heller Fliesen von hohem Abriebswiderstand wertvoll. Derartige Fliesen lassen sich dort vorteilhaft anwenden, wo das Dessin aus schwarzen und anders gefärbten Fliesen besteht, insbesondere aber für die Herstellung marmorierter Fliesen, die Schwarz enthalten.

Lithopone ist das am meisten angewandte Weißpigment. Es ist im allgemeinen weniger gelb von Farbe als Zinkoxyd und hat einen erheblich geringeren Volumpreis. In den letzten Jahren ist auf dem Gebiete der Herstellung lichtechter Lithopone ein bedeutender Fortschritt zu verzeichnen. Dies ist wesentlich, da man für Kautschukbeläge nur die lichtbeständigsten Qualitäten auswählen sollte.

Titanweiß stellt ein Weißpigment mit schwach blauem Stich dar. Aus diesem Grunde wird es mitunter als für die Herstellung eines rein weißen Kautschuks für ungeeignet erachtet. Sein Volumpreis ist zwar hoch, aber ebenso seine Deckkraft, so daß es oft mit Vorteil in leuchtend gefärbten Mischungen mit feinen Schattierungen Anwendung findet.

Magnesiumcarbonat wird mitunter angewandt, wo besonders hoher Abriebswiderstand erforderlich ist. Sein hoher Volumpreis schließt aber seine allgemeine Anwendung aus.

Schwerspat, Kreide, Kieselerde und China clay werden alle als Füllstoffe zwecks Erzielung der gewünschten Härte angewandt. Schwerspat mag auf Grund seines hohen spezifischen Gewichtes und Volumpreises nicht überall beliebt sein.

Farbstoffe. Am meisten gebräuchlich sind mineralische Farben, wie z. B. Eisenoxyd, Zinnober, Ultramarin, Chromgrün, Kadmiumsulfid, Ocker, Kohle und Pflanzenruß, Goldschwefel soll nicht angewandt werden, da er durch Oxydation die Farbe verliert. Die meisten organischen Pigmente sind nicht zufriedenstellend, da sie entweder nicht lichtecht sind oder gegenüber Alkali und Seife nicht waschecht, so daß sie bei der Reinigung allmählich aus der Oberfläche entfernt werden. Wo es aber unbedingt erforderlich ist, organische Farben zu verwenden, soll unbedingt die Vermischung mit einer anderen organischen Farbe oder mit einem mineralischen Pigment vermieden werden, da die raschere Entfernung oder Zerstörung einer der Farben, sei es durch Licht oder durch die Reinigung, die Tönung des Bodens verändern und oft eine Oberfläche unterschiedlicher Schattierung ergeben würde. Um möglichst leuchtende reine Farben zu erhalten, sollen die leuchtendsten erhältlichen Farbstoffe Anwendung finden, vorausgesetzt natürlich, daß ihre Einverleibung in die Kautschukmischung auf keine anderen Schwierigkeiten stößt.

Erweicher. Brauner und weißer Faktis können in kleinen Mengen zwecks Erleichterung des Mischvorganges zugesetzt werden. Da aber weißer Faktis die Wirkung organischer Beschleuniger zerstört, muß er bei Anwendung derselben in Fortfall kommen. Da beide Arten von Faktis die Farbkraft schwächen, ist ihre Anwendung nicht zu empfehlen, wo leuchtende Schattierungen erwünscht sind. Geringe Mengen heller raffinierter Vaseline, Mineralöl oder Lanolin sind oft zweckmäßig. Erweicher, die nach der Vulkanisation sich langsam verflüchtigen, sind ungeeignet, da sie ein Schrumpfen des Kautschuks nach der Verlegung verursachen. Mitunter wird Paraffinwachs zugesetzt, da es an die Oberfläche diffundiert und, wenn mit einem Tuch gerieben, eine Politur ergibt. Des weiteren verzögert sein Zusatz die zerstörenden Einwirkungen des Lichtes. Seine Einverleibung während des Mischens ist im allgemeinen nicht beliebt, weil es durch seine Diffusion an die Oberfläche die Schwierigkeiten der Erzielung einer guten Haftung zwischen mehreren Kautschuklagen erhöht. Stearinsäure läßt sich in kleinen Mengen, insbesondere bei Verarbeitung von Mercaptobenzothiazol, als Beschleuniger empfehlen. Auch hier sollte der Zusatz niedrig gehalten werden, da sie ähnlich wie Paraffinwachs an die Oberfläche kommt.

Beschleuniger. Da Fliesenmischungen stark gefüllt sind, müssen organische Beschleuniger nur mit größter Vorsicht verwandt werden. Die Temperatur des Kautschuks muß zwecks Verhinderung vorzeitiger Vulkanisation sowohl während der Mischung als auch der restlichen Verarbeitung möglichst niedrig gehalten werden. Diphenylguanidin, Diorthotolylguanidin und Mercaptobenzothiazol sind wohl heute die gebräuch-

lichsten. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß sie in Zukunft durch die neuen Typen der stärker verzögernden Beschleuniger ersetzt werden. Bei stark leuchtenden Farben dürfen natürlich nur nichtfleckende Beschleuniger Anwendung finden. Wenn organische Beschleuniger nicht erwünscht sind, kann man Magnesiumoxyd oder Calciumoxyd anwenden.

Antioxydantien finden wenig Anwendung, da sie den Kautschuk bei Belichtung entweder verfärben oder an die Oberfläche wandern und hier ein Aussehen bedingen, das schwachem Ausblühen von Schwefel ähnlich ist.

Regenerat. Mit Ausnahme von schwarzen Mischungen ist die Anwendung von Regenerat auf die weißen oder reinen Arten beschränkt. Wo leuchtende reine Farben erforderlich sind, dürfen auch hiervon nur kleine Mengen angewandt werden. Bei der Herstellung matter Schattierungen ist sein Zusatz vorteilhaft. Schwarzes Regenerat ist vornehmlich in den Unterlagen für »eingelegte« Beläge in großen Mengen vorhanden.

Kautschuk. Es findet sowohl Smoked sheet als auch Pale crêpe Anwendung; das letztere ist auf Grund seiner lichterem Farbe in gewissen Fällen vorzuziehen. So empfiehlt sich beispielsweise seine Anwendung in leuchtenden dunkelblauen Mischungen, bei denen die Farbe durch Ultramarin ohne Zusatz eines Weißpigmentes erzielt wird. In Anbetracht der Tatsache, daß Smoked-sheet-Mischungen besser altern als Crêpe-mischungen, sollte es überall angewandt werden, wo seine dunkle Farbe durch geeignete Füllstoffe kompensiert werden kann.

Prüfung der Füllstoffe. Vor Zulassung der einzelnen Substanzen sollen sie die üblichen Prüfungen durchmachen. Substanzen, die bekanntermaßen auf die Alterung des Kautschuks einen nachteiligen Einfluß haben, sollen ausgeschaltet werden, da von Kautschukfußbodenbelägen heute eine Lebensdauer von mindestens 15 bis 20 Jahren verlangt wird. Die Verunreinigungen, die am häufigsten vorkommen und nachteilig sind, sind Spuren von Mangan im Ocker oder Eisenoxyd sowie freie Säure im Chromgrün. Farbstoffe sollen alle auf ihren Farbton und ihre Deckkraft zweckmäßig in einer Probemischung geprüft werden. Als zusätzliche Prüfung empfiehlt es sich, sie mit Lithopone und einem Benetzungsmittel anzurühren. Im allgemeinen wird Leinöl als Benetzungsmittel angewandt, was vermutlich darauf beruht, daß diese Prüfung der Praxis des Farbenchemikers entnommen ist. Der erzielte Farbton ist aber mitunter von dem in Kautschukmischungen erhaltenen sehr verschieden. Größere Ähnlichkeit läßt sich zumeist bei Anwendung von Glycerin erzielen. Dieses soll mit etwas Wasser verdünnt werden, um es weniger hygroskopisch zu machen, wodurch die resultierende Paste stabiler wird. Sämtliche Pulver müssen auf wasserlösliche Beimengungen geprüft werden; diese müssen so niedrig wie möglich gehalten werden, um das Ausmaß der Wasserabsorption eines Belages unter allen erdenklichen Bedingungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Da der größte Teil des Mischmaterials aus einem oder mehreren pulverigen Füllstoffen besteht, ist dafür zu sorgen, daß die Farbe soweit wie möglich weiß ist. Eine oberflächliche Prüfung führt nicht immer zu einwandfreien Ergebnissen, da geringe Unterschiede im Farbton des trockene-

nen Pulvers sich erst in der Kautschukmischung deutlicher ausprägen. Eine annähernde Vergleichsmöglichkeit besteht durch Benetzen der Pulver mit einer organischen Flüssigkeit, deren Brechungsindex dem des Kautschuks selbst nahekommt. Benzol ist hierfür sehr geeignet, doch wird Terpentin öfters hierfür angewandt.

Lithopone muß vor allem auf ihre Lichtechtheit geprüft werden. Das stärkste Nachdunkeln scheint erzielbar zu sein, wenn man an einem sonnenklaren Tag die Lithopone in freier Luft an schattiger Stelle so auslegt, daß sie vom blauen Himmel überdeckt ist. In solchen Fällen zeigen sich Nachdunkelerscheinungen, selbst wenn direktes Sonnenlicht oder ultraviolettes Licht einer Quarzlampe ohne Einfluß war.

Mischvorgang. Die Mischung hängt naturgemäß weitgehend von der persönlichen Einstellung des die Mischung Ausarbeitenden ab und unterscheidet sich daher von Fabrik zu Fabrik außerordentlich. Der prinzipielle Aufbau einer Mischung hingegen läßt sich an mehr oder minder allgemeinen Linien studieren. Vor allem muß eine Entscheidung darüber getroffen werden, welches Volumverhältnis Kautschuk zu der Mischung erwünscht ist. Nehmen wir an, daß dies auf 45% festgelegt wurde, so verbleiben 55% des Gesamtvolumens für Farbstoffe, Füllstoffe, Schwefel und Beschleuniger. Wird Magnesiumoxyd als Beschleuniger gewählt, so könnte folgende Grundrezeptur Anwendung finden:

Kautschuk	100
Schwefel	4,5
Magnesiumoxyd	15
Erweicher	2,5

Die Menge Schwefel mag für eine nicht ausblühende Mischung reichlich hoch erscheinen; Erfahrung mit Kautschukbelägen hat aber gezeigt, daß bessere Ergebnisse erzielt werden, wenn man die Vulkanisation um ein wenig weiter treibt, als für andere Mischungen empfehlenswert wäre. Nehmen wir an, daß der Kautschuk, wie bereits festgelegt, 45 Volumprozent ausmachen soll, so werden die bis jetzt zugesetzten Substanzen noch etwa weitere 4% betragen, so daß noch 51 Volumprozent für die Farb- und Füllstoffe verbleiben. Die richtige Menge Farbstoff, die zur Erzielung des erwünschten Farbtones erforderlich ist, muß experimentell festgelegt werden. Wenn eine lichtblaue Fliese gewünscht wird, kann man Ultramarinblau und Lithopone versuchen. Wenn man sich entschließt, als Füllstoff Chinaclay zu verwenden, so ließe sich nach folgendem Rezept arbeiten:

Kautschuk	100
Schwefel	4,5
Magnesiumoxyd	15
Mineralöl	2,5
Lithopone	30
Ultramarinblau	15
Chinaclay	280

Eine solche Mischung vulkanisiert in ungefähr 1 Stunde in dampfgeheizter Presse bei einem Druck von 40 lbs./Quadratzoll. Die resultierende

Platte würde einen ganz guten Farbton aufweisen, aber viel zu hart sein. Sie ließe sich durch die eine oder die andere der folgenden Methoden erweichen:

a) Verringerung des Füllstoffgehaltes. Dies entspricht einer Erhöhung des Kautschukgehaltes, da Kautschuk und Füllstoff die einzigen mengenmäßig bedeutenden Komponenten sind. Eine derartige Abänderung würde die Kosten der Mischung erhöhen, und somit zu meist uninteressant sein.

b) Verringerung des Erweichers. In diesem Falle müßte der Schwefel erhöht werden, um ein zufriedenstellendes Vulkanisat zu erzielen. Die zusätzliche Menge würde je nach Quantität und Art des angewandten Erweichers schwanken.

c) Austausch des Füllstoffes. Er könnte ganz oder teilweise durch das äquivalente Volumen eines anderen, den Kautschuk nicht so stark erhärtenden Füllstoffes ersetzt werden.

Eine andere Möglichkeit der Abänderung besteht durch Ersatz eines Teiles Kautschuks mittels weißen oder reinen Regenerates. Dies würde die Volumprocente Kautschuk verringern, kann aber aus Gründen der Arbeitserleichterung wertvoll sein. Die abgeänderte Mischung würde dann ungefähr wie folgt aussehen:

Kautschuk	60
Weißes Regenerat	50
Schwefel	5,25
Calciumoxyd	15
Mineralöl	12,5
Lithopone	30
Ultramarinblau	15
Chinaclay	100
Gefälltes Calciumcarbonat . . .	170

Diese Mischung ließe sich leicht verarbeiten und würde zufriedenstellende Fliesen von einer nach P o u s s e y und J o n e s gemessenen Härte von 40 ergeben.

Es ließen sich aber auf ähnliche Weise auch andere Abänderungen vornehmen. Die Mischung kann härter oder weicher gemacht werden, sowohl Füllstoff wie Erweicher können ausgetauscht werden, anorganische Beschleuniger durch organische ersetzt werden.

Sobald eine zufriedenstellende Mischung ausgearbeitet ist, können andere Farbtöne dadurch erzielt werden, daß man den ursprünglichen Farbstoff wegläßt und ihn durch die erforderliche Menge eines anderen Pigmentes ersetzt. Die Füllstoffe können hierbei kleine Abänderungen erfahren, damit auch die neue Mischung die gleiche als zufriedenstellend befundene Härte aufweist. So läßt sich beispielsweise eine steinfarbene Fliese nach folgendem Rezept erzielen:

Kautschuk	60
Weißes Regenerat	50
Schwefel	5,25
Magnesiumoxyd	15

Mineralöl	12,5
Lithopone	60
Pflanzenruß	0,25
Gelber Ocker	20
Zinnober	2
Chinaclay	80
Gefälltes Calciumcarbonat .	160

Da die verschiedenen Farben bei dekorativen Musterungen oft nebeneinander verlegt werden müssen, empfiehlt es sich, jede Mischung auf ihren Abriebswiderstand zu prüfen, um völlige Gleichheit zu erzielen. Dies ist insbesondere dort von Bedeutung, wo die einzelnen Farben zwecks Erzielung einer Marmorierung miteinander vermischt werden müssen. Wenn diese Angleichung nicht vorgenommen wird, so werden nach Verlauf einiger Jahre die widerstandsfähigsten Farben reliefartig hervorstehen. Die erforderliche Angleichung läßt sich im allgemeinen durch Abänderung des Verhältnisses Kautschuk zu Regenerat erzielen. Eine schwarze Mischung, insbesondere bei Verwendung von Gasruß, wird die größte Abänderung erfordern. Wenn auch die Menge Farbpigment, die zur Erzielung guter schwarzer Farbe erforderlich ist, sehr gering ist, ist sie ausreichend, um den Kautschuk einen viel höheren Abriebswiderstand zu verleihen als die anderen Farben. Deshalb muß hier auf die eine oder andere Art eine Angleichung erzielt werden.

Der Mischvorgang selbst bietet keine nennenswerten Schwierigkeiten und läßt sich sowohl auf üblichen Mischwalzen oder in Kautschukknethern vornehmen. Da der hohe Füllstoffgehalt eine sehr starke Erhitzung der Mischung bedingt, müssen die Felle sofort nach Abnahme von den Walzen rasch gekühlt werden und sollen von den Hängevorrichtungen nicht abgenommen werden, bevor sie völlig erkaltet sind.

Kalandrierung

Um einheitliche Resultate und geringsten Abfall zu erzielen, ist eine Reifezeit für die Mischung empfehlenswert, wenn auch nicht unbedingt erforderlich. Reifung der Mischung vor dem Kalandrieren sollte daher beachtet werden. Wenn die Reifung auch nie lange genug sein kann, sofern der Kautschuk günstig gelagert wird, so ist es aus ökonomischen Gründen erforderlich, die Lagerperiode nicht unnötig auszudehnen. Eine Zeitspanne von einer Woche zwischen Mischung und Kalandrierung eingeschaltet, reicht im allgemeinen aus. Um aber möglichste Einheitlichkeit der Ergebnisse zu erzielen, soll diese Zeitspanne standardisiert und genau eingehalten werden.

Vor der Kalandrierung muß der Kautschuk auf einer Mischwalze zwecks Erhöhung seiner Plastizität wieder vorgewärmt werden. Zu diesem Zwecke wird er erst in einem Vorbrecher bearbeitet, da die harten Felle sonst allzu leicht die Walze beschädigen könnten. Da die beim Anwärmen des Kautschuks entwickelte Hitze bedeutend ist, müssen die Walzen mit sehr ausgiebiger Kühlung versehen sein. Es besteht sonst die Gefahr frühzeitiger Anvulkanisation. Der Kautschuk soll

in kurzer Zeit einheitlich warm und für die Kalandrierung hinreichend plastisch sein. Die Bestimmung der hierfür erforderlichen Zeit überläßt man am besten einem erfahrenen Kalandrierer.

Üblicherweise werden Dreiwalzenkalender angewandt, deren Konstruktion sich für die Verarbeitung schwerer Massen eignet und die Platten einheitlicher Dicke unter gegebenen standardisierten Bedingungen liefern. Darunter ist insbesondere standardisierte Plastizität des Kautschuks und festgelegte Plattendicke des Kautschuks zu verstehen.

Die Temperatur der Kalandrierwalzen wird bis zu einem gewissen Grade von dem angewandten Typus der Mischung abhängen, im allgemeinen aber zwischen 65 bis 70° C schwanken. Da der Kautschuk die Eigenschaft hat, an der heißeren Walze zu haften, so wird im allgemeinen die mittlere Walze etwas wärmer gehalten als die obere und die unterste wieder etwas wärmer als die mittlere. Um zufriedenstellende Produkte zu erzielen, ist es erforderlich, die Temperatur des Kautschuks und des Kalenders dauernd in möglichst engen Grenzen zu halten. Zu hohe Temperatur erweicht den Kautschuk zu sehr, so daß eingeschlossene Luft sich ausdehnt und Blasen bildet. Einmal gebildete Blasen sind außerordentlich schwer zu entfernen. Ist die Temperatur zu niedrig und der Kautschuk nicht genügend plastisch, so wird er beim Durchgang durch die Kalandrierwalzen nicht zusammenhalten, wodurch Unregelmäßigkeiten in der gezogenen Platte entstehen. Wenn man marmorierte Muster herstellen will, so wird bei zu kaltem Kalender die Vereinigung der einzelnen Farben nicht vollkommen sein, so daß derartige Beläge, wenn sie nach der Vulkanisation gebogen werden, zwischen den Farben Sprünge ergeben. Wie weit die Walzen auseinandergestellt sein müssen, um eine Platte gewünschter Dicke zu ergeben, muß experimentell festgestellt werden, da dies von Zeit zu Zeit entsprechend den vorherrschenden Bedingungen sich ändern kann. Mischtypus, Grad der Bearbeitung, die der Kautschuk auf den Vorwärmwalzen mitgemacht hat, Reifezeit sowie Temperatur des Kautschuks und der Kalandrierwalzen sind Faktoren, die eine Standardisierung der Walzeinstellung ausschließen. Die ersten Fuß Material, die am Kalender ausgezogen werden, sind in ihrer Dicke oft von dem Rest verschieden, da die im Kalender auftretenden Kräfte bei Anbeginn und im Dauerbetrieb unterschiedlich sind. Die ersten Meter sollten daher ausgeschieden werden. Da die eigentlichen Details der Herstellung bei den einzelnen Belagtypen verschieden sind, soll die Herstellung jedes Typus für sich behandelt werden.

Belag

Fußbodenbelag oder -auflagen werden im Kalender in Längen von 50 bis 100 Fuß aus Einzellagen von ungefähr $\frac{1}{16}$ Zoll Dicke hergestellt. Die Gesamtstärke des tatsächlichen Belages liegt zumeist zwischen $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{4}$ Zoll. Die endgültige Breite schwankt zwischen 3 und 4 Fuß. Da man jedoch für das Zurechtrichten mit einer gewissen Zugabe rechnen muß, empfiehlt es sich, die kalandrierte Breite um einige Zoll höher zu halten, als die endgültig vorgesehene. Die Dicke der zusammengelegten Platten wird durch die Stellung der oberen und der mittleren Walze bestimmt,

wohingegen die untere Walze in diesem Fall lediglich als Behelf für das Aufrollen des Belages in einen Mitläufer dient. Die Herstellung der ersten Lage ist schematisch aus Abb. 866 ersichtlich. Der Mitläufer verhindert, daß die einzelnen Kautschuklagen aneinanderhaften und ein massives Stück bilden und sorgt des weiteren dafür, daß der Kautschuk die Temperatur beibehält, wodurch die klebrige Beschaffenheit seiner Oberfläche erhalten bleibt; dies ist für eine erfolgreiche Dublierung zweckmäßig. Die Herstellung der zweiten Lage und die für die Dublierung der ersten und zweiten angewandte Methode ist in Abb. 867 wieder-

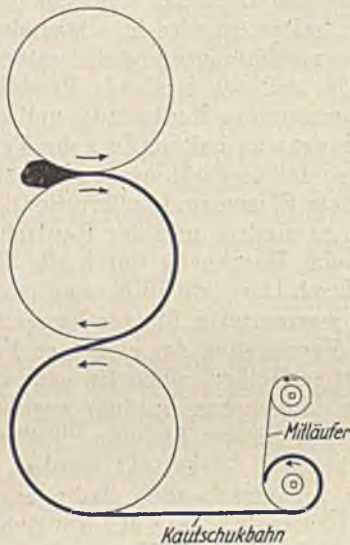


Abb. 866. Herstellung der ersten Lage

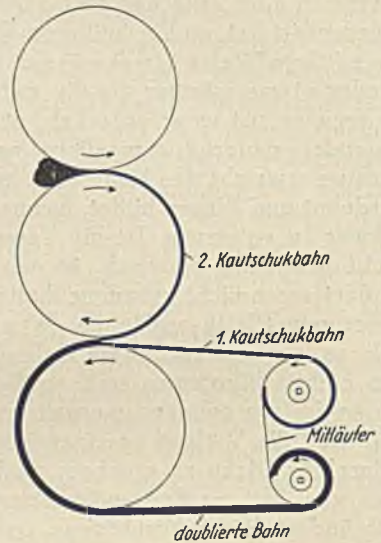


Abb. 867. Herstellung der zweiten Lage und gleichzeitige Dublierung mit der ersten

gegeben. Ein Belag von $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke wird so aus zwei Lagen von $\frac{1}{16}$ Zoll Stärke hergestellt. Noch größere Dicken werden durch zusätzliches Aufdublieren weiterer Lagen erzielt, die jede wieder ungefähr $\frac{1}{16}$ Zoll Dicke aufweisen soll. Die Breite jeder Lage wird durch rotierende Schneidmesser kontrolliert, die gegen die mittlere Kalandervalze gelagert sind. Die abgeschnittenen Kanten werden nach Passieren zwischen der mittleren und unteren Walze abgenommen und sollen nicht wieder dem Kalandrer zugeführt werden, da sie leicht Ungleichmäßigkeiten in der gezogenen Platte verursachen. Bei der Dublierung muß Vorsorge dafür getroffen werden, daß die Kanten übereinanderpassen. Je genauer dies erreicht wird, um so geringer wird bei der Zurichtung der Abfall und dementsprechend die Kosten sein. Eine ausgesprochen schlechte Ausrichtung der Kanten kann dazu führen, daß soviel Kautschuk zwecks Erzielung einer zufriedenstellenden endgültigen Kante ab-

genommen werden muß, daß die verbleibende Breite zu schmal ist, und die ganze Rolle zurückgewiesen werden muß. Der Kautschuk müßte entweder von neuem verwalzt werden oder für andere Zwecke Verwendung finden. Insbesondere bei marmoriertem Kautschuk würde man die Nachlässigkeit teuer bezahlen müssen, da sich dieses Material nicht nochmals kalandrieren läßt. Um die Dicke des Kautschuks zu bestimmen, entnimmt der Arbeiter von Zeit zu Zeit ein kleines Muster des Kautschuks von der Kante der Platte, wie sie gerade über den Kalandrierer läuft. Hier ist natürlich darauf zu achten, daß die Einschnitte nicht zu tief gehen, da sonst die Breite an dieser Stelle leicht zu schmal wird.

Handelt es sich um marmorierte Effekte, so müssen die verschiedenen Farben vor der Kalandrierung miteinander vermischt werden. Zu diesem Zweck wird die erforderliche Menge jeder Farbe für sich vorgewärmt und zu einem Fell ausgezogen. Diese Felle werden dann übereinandergelegt, wobei die einzelnen Farben möglichst gleichmäßig verteilt sein sollen. Die Lagen werden nun zusammen zur Puppe gerollt und durch einmaligen vertikalen Durchzug durch die Walze zum Fell ausgezogen. Dies wird zwar die Einheitlichkeit der Farben bereits zerstört haben, für die meisten Zwecke dürfte aber die Farbverteilung noch nicht hinreichend weit getrieben sein. Das Fell wird nochmals zur Puppe gerollt und dieses Mal seiner Länge nach durch die Walzen gegeben. Man darf aber hierbei nicht vergessen, daß eine noch weitergehende Farbverteilung am Kalandrierer erfolgt, so daß man bei allzu häufigem Wiederholen dieser Operation Gefahr läuft, daß die Farben zusammenlaufen und ihre Individualität verlieren. Für einzelne Zwecke mag dieses Zusammenlaufen nicht ohne Wert sein, für andere Zwecke wird aber das erzielte Aussehen unzufriedenstellend sein. Die Einzelheiten der Methode zur Erzielung marmorierter Effekte gestatten erhebliche Abänderung, so daß eine große Zahl der verschiedensten Wirkungen erzielt werden kann.

Nachdem die erforderliche Anzahl von Lagen im Kalandrierer dubliert worden ist, soll die Belagrolle auf einem Tisch zum Zwecke der Inspektion und zwecks Zuschneidung der Kanten ausgelegt werden. Die Inspektion in diesem Stadium ist vor allem deshalb wünschenswert, weil man hier fehlerhafte Produkte noch vor der Vulkanisation ausschalten kann, wodurch der entstehende Verlust preislich nicht so sehr in die Waagschale fällt. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen am Kalandrierer ist es unmöglich, für die einwandfreie Dublierung aller Lagen zu garantieren. Es ist daher erforderlich, die Kanten zu beschneiden, um ein festes Material zu erzielen, das auf der Vulkanisationstrommel strammgewickelt werden kann. Das Zuschneiden muß von Hand aus erfolgen, da mechanische Vorrichtungen keinen glatten Schnitt ergeben, sondern etwas angeraute Kanten hinterlassen, die die während der Vulkanisation angewandten Mittläufer markieren würden. Diese Markierung würde sich auf andere in demselben Stoff zu vulkanisierende Beläge übertragen, wodurch eine unerwünschte, ungleichmäßige Oberfläche sich ergeben würde. Die Breite des Belages muß nach dem Zuschneiden der Kanten noch ausreichend sein, um die während der Vulkanisation auftretende Schrumpfung bzw. eine zweite Zurichtung zu berücksichtigen. Das Zu-

schneiden läßt sich mit Hilfe eines scharfen Messers längs einer vorgezogenen Linie leicht ausführen. Die Linien müssen vollkommen gerade sein, so daß der Belag nach dem Zuschneiden durchgehend von einheitlicher Breite ist. Für die Vulkanisation werden die Platten auf einer Metallwalze von 3 bis 4 Fuß Durchmesser und etwa 6 Fuß Länge stramm aufgewickelt. Ein einseitig gummiertes Gewebe wird mitgewickelt, um so zu verhindern, daß die Oberfläche des Belages mit der nächsten Lage in Berührung kommt und gleichzeitig zum Zwecke der Erzielung einer glatten Oberfläche im fertigen Produkt.

Wenn man eine Rolle vulkanisierten Belages auf einem Tisch auslegt und untersucht, wird man eine Anzahl von Markierungen feststellen können, die sich über die ganze

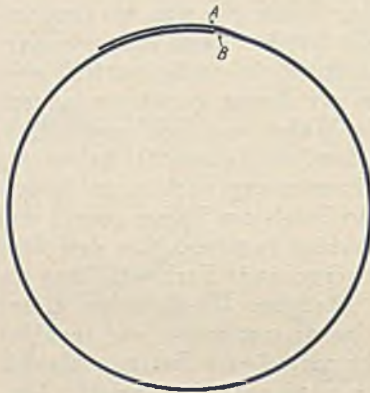


Abb. 868. Ursache der Markierung und deren Verhinderung

Breite der Rolle ausdehnen können, sich in mehr oder minder gleichmäßigen Intervallen wiederholen und insbesondere gegen Ende der Rolle am ausgeprägtesten sind. Diese nicht ganz zu vermeidenden Markierungen entstehen beim Aufwickeln und beruhen auf der plötzlichen Änderung in der Verteilung des Wickeldruckes an den Stellen, wo die Enden der Rollen an die nachfolgenden Lagen anschließen. In Abb. 868, die einen Schnitt durch eine Belagrolle im aufgewickelten Zustand zeigt, ist eine solche Stelle mit A gekennzeichnet. Obwohl es schwierig ist, diese Markierungen ganz zu vermeiden, soll

alles daran gesetzt werden, sie auf ein Minimum zu reduzieren. Zu diesem Zwecke wird ein abgescrägter Streifen Weichkautschuk, wie in Abbildung 868 durch B gezeigt ist, an das Ende jeder Rolle angeschlossen. Es ist auch üblich, Weichgummistreifen längs der Kanten anzubringen, um so die gleichmäßige Verteilung des Druckes an den Kanten zu erleichtern, und um zu verhindern, daß der Belag mit dem Dampf direkt in Berührung kommt. Die Wickelung geht daher folgendermaßen vonstatten: Einige Lagen des gummierten Gewebes werden erst um die Auflagetrommel gewickelt, dann wird der Belag eingeführt, nachdem vorher der erwähnte Weichkautschukstreifen aufgelegt wurde. Dann werden die Lagen des Belages und des gummierten Gewebes gleichzeitig aufgerollt, während die Kanten des Belages, wie vorerwähnt, mit den Weichkautschukstreifen abgedeckt werden. Das gummierte Gewebe wird unter leichter Spannung eingerollt. Sobald der gesamte Belag auf die Trommel gewickelt ist, wird der abschließende Kautschukstreifen eingelegt, und das gummierte Gewebe noch bis zu seinem Abschluß aufgewickelt. Dann werden mehrere Lagen starken Gewebes unter hoher Spannung aufgewickelt, um so auf den Belag einen Druck auszuüben, damit er nach der Vulkanisation eine feste und möglichst fehlerfreie Masse darstellt.

Das äußere Tuch wird mittels Gurtbandes stramm befestigt. Der Belag ist nun für die Vulkanisation fertig, die in einem horizontalen oder vertikalen Vulkanisierofen erfolgen kann. Es ist Vorsorge dafür zu treffen, daß die Walze von den Metallteilen des Vulkanisierofens freisteht und daß freie Zirkulation des Dampfes bei der richtigen Temperatur möglich ist, damit der Belag über seine ganze Länge einheitlich vulkanisiert werden kann. Nach der Vulkanisation wird der Kautschuk von der Trommel abgenommen und auf einem Tisch zur abschließenden Kontrolle und Zuschneidung ausgelegt. Hier werden noch die etwa durch das Aufwickeln beschädigten Kanten ausgebessert, so daß eine Rolle richtiger Breite und möglichst einheitlicher Dicke für den Versand bereit ist.

Die gummierten Gewebe lassen sich mehrere Male anwenden, bevor auftretende Fehler sie unbrauchbar machen. Solche können sich auf verschiedene Weise ergeben. Sie können darauf beruhen, daß die Baumwollfasern durch die wiederholte Hitzebehandlung erweichen und schließlich reißen; die Oberfläche des Gewebes kann durch die Kanten des Belages über die ganze Länge hin beschädigt werden, indem sich Markierungen ausbilden, die sich auf andere in demselben Gewebe einzuwickelnde Beläge übertragen könnten.

Derartige Belag in »Bahnen« ist die billigste Art eines Kautschukfußbodenbelages, soweit die Herstellung in Frage kommt, und gleichzeitig die am leichtesten zu verlegende. Da er durch Aufwickeln auf eine zylindrische Trommel vulkanisiert wird, wird er in seiner Längsrichtung eine schwache aber verbleibende Krümmung aufweisen. Bei Verlegung in großen Längen wirkt sich diese Krümmung nicht nachteilig aus, da das Gewicht der Platte ausreicht, um die Unterseite des Kautschuks mit dem Untergrund in enger Berührung zu halten. Wenn man aber derartige Bahnen in kleinere Fliesen zerschneidet, um ein bestimmtes Muster zu erzielen, so wird das Gewicht der kleinen Einheiten nicht ausreichen, um die Krümmung zu kompensieren. Wenn auch die angewandte Klebmasse den Belag kurz nach der Verlegung noch festhält, so wird das Bestreben desselben, in seine ursprüngliche Formung zurückzukehren, nach kurzer Zeit ein Nachlassen der Klebung und ein Loslösen des Belages vom Boden verursachen.

Da man beim Aufwickeln auf die Heiztrommel keine sehr hohen Drucke erzielen kann, ist die Oberfläche des Belages nicht so glatt und frei von Fehlstellen, wie bei Fliesen, die unter erheblichem hydraulischen Druck in der Presse vulkanisiert werden.²

In der Presse vulkanisierte Fliesen

Die zur Herstellung von in der Presse vulkanisierten Fliesen erforderliche Dicke läßt sich, wie bereits bei der Herstellung von Bahnen vorbeschrieben, durch Dublieren der erforderlichen Anzahl von Lagen am Kalandar in großen Längen erzielen. Diese Bahnen werden dann in die

² In neuester Zeit ermöglicht die sogenannte Mattenvulkanisiermaschine (siehe Abb. 542 S. 718) auch die Herstellung nicht zu dicker Kautschukbodenbelagsbahnen mit den sonst nur preßgeheizten Fliesen zukommenden Vorteilen. (Anmerkung des Herausgebers.)

für die Vulkanisation erforderlichen Größen geschnitten. Bei Anwendung einer entsprechenden Mischung ist es hier aber möglich, die Platten in einem Arbeitsgang gleich in der erforderlichen Dicke im Kalandrieren zu ziehen. Dieses Verfahren ist erheblich billiger, viel genauer und ergibt bei sachgemäßer Durchführung eine Platte, die naturgemäß erheblich weniger eingeschlossene Luft enthalten kann, als bei Herstellung nach der Dubliermethode.

Nach der Kalandrierung sollen alle Luftblasen aufgestochen werden, und dann die Platten auf die erforderliche Größe und Dicke sowie Gewicht zugeschnitten werden, welches letzteres zwischen bekannten Grenzen liegen soll. Das Gewicht der Platte einer gegebenen Größe schwankt nicht nur mit der Mischung und der Plattendicke, sondern auch mit dem Zeitintervall, der zwischen Mischung und Kalandrierung verstrichen ist. Ein Fell von gegebenem Ausmaß und Dicke wird mit zunehmender Reifezeit an Gewicht zunehmen; dies beruht darauf, daß die unzähligen sehr kleinen Luftbläschen, die während des Mischvorganges im Kautschuk eingeschlossen werden, während der Reifung des Kautschuks nach außen diffundieren. Um eine einheitliche Verarbeitung zu gewährleisten, ist die Standardisierung der Reifezeit daher sehr wünschenswert. Wo man aber aus irgendeinem Grunde nicht warten kann, empfiehlt es sich, sich mehr nach dem Gewicht als nach der Dicke zu richten. Die unvulkanisierten Platten müssen etwas größer zugeschnitten werden, als für das fertige Produkt vorgesehen, da die Schrumpfung des Kautschuks nach der Vulkanisation und die Zuschneidung der Platte berücksichtigt werden müssen. In den meisten Fällen dürften zusätzliche 2 Zoll in der Breite und 2 Zoll bei je 10 Fuß Länge hierfür ausreichen.

Die erforderlichen Heizpressen müssen eine hohe Oberflächenbelastung der Platten zulassen, ebenso wie die Verteilung dieser Belastung ganz einheitlich über die Fläche sein muß, damit die Presse über eine vorgeschriebene Fläche eine Platte einheitlicher Dicke herzustellen gestattet. Die ausziehbaren Preßplatten werden zweckmäßig mittels elektrischen Motors ein- und ausgefahren. Die Heizplatten sind zweckmäßigerweise aus massiven Stahlplatten hergestellt, die so gebohrt sind, daß eine einheitliche Temperatur über die gesamte Plattenoberfläche aufrechterhalten werden kann. Die Dampfanschlüsse sollen so angeordnet sein, daß jede Platte für sich mit Dampf beschickt werden kann. Die Dampfmenge muß ausreichend sein, um die erforderliche Temperatur zu erzielen. Besondere Sorgfalt ist darauf zu verwenden, daß der Dampf einwandfrei durch alle Heizplatten zirkuliert, damit vermieden wird, daß sich durch Einschluß von Luft oder Kondenswasser kalte Flächen ausbilden. Die in Verwendung stehende Oberfläche der Heizplatte muß absolut plan und auf Hochglanz poliert sein, damit die Fliesen eine zufriedenstellende Oberfläche aufweisen. In einer neuen Presse werden sich erhebliche Unannehmlichkeiten durch das feste Anhaften des Kautschuks an den Heizplatten ergeben, deshalb müssen die Heizplatten vor der Vulkanisation vorbehandelt werden. Dies kann man entweder dadurch erreichen, daß man eine Anzahl Platten einer solchen Kautschukmischung in der Presse vulkanisiert, von der man weiß, daß sie an den

Heizplatten nicht klebt. Man kann aber auch bereits vulkanisierte Platten in der geschlossenen Presse solange erhitzen, bis die erwünschte Veränderung der Oberfläche erfolgt ist. Nicht benötigte Abfälle vulkanisierter Fliesen eignen sich für diesen Zweck sehr gut.

Die Ausmaße des zu vulkanisierenden Felles werden durch Barren geregelt, die auf die ausziehbaren Platten gelegt sind und an den Kanten der Platten durch Flansche in ihrer Lage gehalten werden. Die Anwendung von Stahlbarren ist nicht empfehlenswert, da durch unvorsichtige Handtierung die Oberfläche der Heizplatten leicht beschädigt werden kann. Ein Metall wie Aluminium ist wegen seiner Weichheit vorzuziehen. Die Dicke des Barrens soll etwas geringer sein als die der fertigen Fliese, da der auf den Kautschuk ausgeübte Druck ihn über die Barren fließen läßt, so daß der Kautschuk dazu beiträgt, die Oberflächen der Heizplatten auseinanderzuhalten. Die genaue Dicke der Barren muß experimentell bestimmt werden. So wird man beispielsweise finden, daß Barren von $7/32$ Zoll sich für die Herstellung von Platten mit einer Dicke von $1/4$ Zoll bewähren.

Da der unvulkanisierte Kautschuk selbst bei der Kontrolle der Dicke der herzustellenden Platte eine so bedeutende Rolle spielt, ist es erforderlich, daß seine Konsistenz möglichst einheitlich gehalten wird, ebenso wie dafür zu sorgen ist, daß die verschiedenen angewandten Mischungen sich in der Presse ähnlich verhalten. Ein Kautschuk, der etwas weicher wie normal ist, wird eine Platte von etwas geringerer Dicke, ein harter Kautschuk eine solche mit etwas stärkerer Dicke ergeben. Bei harten Fellen besteht ferner die Gefahr, daß sie bei dem vorhandenen Plattendruck nicht richtig fließen, so daß die hergestellte Platte an Stelle der erwünschten glatten auf Hochglanz polierten Oberfläche eine unansehnliche, rauhe aufweist.

Die Dicke des unvulkanisierten Felles muß natürlich etwas stärker sein, als die der vulkanisierten Platte, damit alle Ungleichmäßigkeiten der Oberfläche bei der Vulkanisation beseitigt werden können. Das Zuschneiden der Felle auf richtige Größe muß sorgfältig vorgenommen werden, damit sie sich dicht an die Barren anschließen und freie Stellen und Porosität der Kanten vermieden wird. Gegen die Verarbeitung eines Felles, das ein wenig zu groß ist, so daß seine Oberfläche ein wenig konvex ist, sind keine Bedenken zu erheben, wohingegen ein ganz wenig zu kleines Fell Fehlfabrikate zeitigen kann. Wo irgend möglich, sollte man die äußersten Enden der Presse nicht mit verwenden, da die Presse hier etwas niedriger temperiert sein könnte als der Rest. Die Ursache hierfür kann in der stärkeren Abstrahlung liegen oder auch darin, daß sich Wasser an den Enden der Presse leichter halten kann. Die Stellen der Platten, die an Preßenden vulkanisiert wurden, können daher kurz nach der Heizung leicht schwache Ausblühung zeigen, oder es besteht die Gefahr, daß man durch Verlängerung der Vulkanisation zwecks Vermeidung dieses Fehlers die in der Mitte der Presse liegenden Partien übervulkanisiert. Die Handhabung der Presse für die Vulkanisation ist wie folgt: Die ausziehbare Platte wird vorgezogen und die die Fellgröße bestimmenden Barren eingelegt. Dann wird die Platte wieder in ihre Lage

in der Presse zurückgeführt. Die Presse wird geschlossen und auf Vulkanisationstemperatur geheizt. Nach Erreichung einheitlicher Temperatur wird die Presse geöffnet, die Platte ausgefahren und ihre Oberfläche mit einem Schmiermittel, beispielsweise Schlämmkreide, überdeckt. Dann wird die unvulkanisierte Kautschukplatte aufgelegt und in ihre genaue Lage zwischen den Barren gebracht. Dann wird auch die andere Plattenoberfläche bestäubt oder aber auch die Oberfläche des Kautschuks. In letzterem Fall muß der geringste Überschuß entfernt werden. Die Platte wird nun in die Presse eingefahren, und die Lage des Kautschukfelles nochmals genau kontrolliert. Dann wird die Presse unter Anwendung schwachen Wasserdruckes geschlossen, wobei die Lage des Kautschuks noch dauernd beobachtet wird. Nach völligem Verschluß der Presse werden die Druckzylinder mit der hydraulischen Druckvorrichtung verbunden. In diesem Zustand bleibt die Presse bis zum Abschluß der Vulkanisation. Der erforderliche Dampfdruck soll mechanisch kontrolliert werden und benötigt unter normalen Bedingungen keine besondere Aufmerksamkeit.

Eine sehr genaue Überprüfung des Materials soll in sämtlichen Stufen der Fabrikation, insbesondere aber vor Abschluß der Vulkanisation vorgesehen sein. Auf diese Art und Weise läßt sich der Abfall wertvollen Materials vermeiden, und Fehlfabrikate können allzu leicht die Pläne der Kalkulationsabteilung zerstören und in sämtlichen Abteilungen viel zusätzliche Arbeit verursachen.

Die erforderliche Vulkanisationszeit muß zur Erzielung zufriedenstellender Fliesen genauest eingehalten werden. Schon schwache Untervulkanisation kann die Oberfläche des Kautschuks durch eine dünne Schicht von Schwefelablösungen unansehnlich gestalten oder aber die Fliesen können nach kurzem Gebrauch weich werden. Übervulkanisation bedingt mitunter auch durch Reversion eine Erweichung, oder aber der Belag wird auf Grund rascher Alterung im Gebrauch hart und brüchig. Nach Ablauf der Vulkanisationszeit werden die Handhabungen an der Presse in umgekehrter Reihenfolge wiederholt. Da die Haftung des Kautschuks an den Heizplatten mitunter das Öffnen erschwert, wird dies mittels hydraulischer Vorrichtungen unterstützt. Außerdem empfiehlt es sich, das Ablassen der Platten langsam vorzunehmen, um den Kautschukplatten Zeit zu geben, sich von den oberen Platten abzutrennen. Bei zu rascher Öffnung besteht die Gefahr, daß sich der Kautschuk ungleichmäßig abzieht und hierbei beschädigt wird. Sollte das Eigengewicht der Platte für die Abtrennung nicht ausreichen, kann man mit Hilfe eines runden Holzstabes, der über die ganze Breite der Presse langsam durchgezogen wird, nachhelfen. Nach erfolgter Abtrennung wird die untere Platte ausgefahren, die Barren entfernt und die Fliese, die zweckmäßig erst aufgerollt wird, entnommen. Sie wird auf einem Tisch zwecks Abkühlung ausgebreitet. Eine zweite Platte darf erst aufgelegt werden, wenn die erste vollkommen abgekühlt ist, da sonst durch zu lange Abkühlungszeit der unteren Platte die Gefahr einer Vulkanisationsverlängerung besteht. Nach Reinigung der Preßplatten sowie der Barren von etwa anhaftendem Kautschuk ist die Presse zur Aufnahme der

nächsten Charge bereit. Wenn die Oberflächen der Heizplatten wie vorbeschrieben behandelt sind, läßt sich eine große Anzahl von Fliesen ohne weitere Schwierigkeiten heizen. Jede Charge hinterläßt jedoch einen dünnen Niederschlag auf den Platten, der sich allmählich aufbaut, bis seine Entfernung zweckmäßig wird. Die Reinigung der Heizplatten erfolgt mit einer Apparatur, bestehend aus zwei mittels Elektromotor betriebenen Schleifscheiben. Die beiden Oberflächen der Heizplatten werden gleichzeitig gereinigt, indem je eine Schleifscheibe für eine Platte Anwendung findet. Die Öffnung der Presse ist so eingerichtet, daß das Schleifmaterial mit der Oberfläche der Heizplatten ohne Ausübung übermäßigen Druckes in Kontakt kommt. Nach der Reinigung müssen die Platten wieder, wie erwähnt, präpariert werden.

Von Zeit zu Zeit werden eine Anzahl ungleichmäßig geformter Fliesen benötigt. Würden diese aus rechteckigen Platten geschnitten werden müssen, so wäre hiermit erheblicher Abfall verbunden. Man verwendet daher zu diesem Zweck ein Stück unbenötigte Fliese, das in Verbindung mit den Metallbarren zur Herstellung der jeweils gewünschten Rahmenform benutzt wird. Das unvulkanisierte Kautschukfell wird auf die Größe und Form dieses Rahmens zugeschnitten und dann wie üblich geheizt. Während aller Handhabungen müssen die Kautschukfelle absolut sauber gehalten werden. Mitunter genügt schon die Berührung des unvulkanisierten Kautschuks mit der nackten Hand, um eine Verfärbung hervorzurufen. Infolge der Ungleichmäßigkeit des unvulkanisierten Kautschuks ist diese Verfärbung oft erst nach erfolgter Vulkanisation bemerkbar. Mit besonderer Sorgfalt sind Fliesen mit lichten oder heiklen Farbtönungen zu behandeln.

Nach völliger Abkühlung der Platten werden sie in Fliesen der zur Erzielung der ausgewählten Musterung erforderlichen Größe und Form zugeschnitten. Man soll nie vor völliger Abkühlung zuschneiden, da die Kontraktion des Kautschuks erst dann als beendet angesehen werden darf. Das Zuschneiden kann von Hand oder mittels Guillotine erfolgen. Die letztere Methode ist, wo anwendbar, vorzuziehen, da sie einen geraden zur Oberfläche rechtwinkligen Schnitt ergibt. Das Schneiden von Hand muß überall dort angewandt werden, wo zu große Längen oder Krümmungen in Frage kommen. Das Messer der Guillotine muß scharf und dünn sein. Dies bedingt aber leichte Verletzung entweder durch Verbiegung des Blattes oder durch direkte Verletzung der Schneide. Dauernde Kontrolle ist daher angezeigt.

In Fällen, in denen die Musterung aus individuellen großen Flächen besteht, sind diese nach dem Zurechtschneiden versandbereit. Sieht aber die Musterung eine große Zahl kleiner Fliesen vor, so empfiehlt es sich, dieselben schon in der Fabrik teilweise zusammensetzen. Hierdurch wird nicht nur bei der ohnehin meist zeitlich zu sehr begrenzten Verlegearbeit Zeit gespart, sondern es gestattet auch, das Zusammensetzen genauer und rascher vorzunehmen. Zu diesem Zweck werden die Kanten der Fliesen mit Lösung bestrichen und dieselben nach Verdampfung des Lösungsmittels auf einem flachen Tisch zu Einheiten gleicher Größe verbunden.

Die Dicke der Kautschukfliesen schwankt im allgemeinen zwischen $\frac{3}{16}$ und $\frac{3}{8}$ Zoll. Für besondere Zwecke können sie jedoch $\frac{1}{2}$, ja sogar 1 Zoll dick sein. Da jede Fliese für sich verlegt wird, läßt sich das gewünschte Muster mit größter Genauigkeit zusammensetzen, so daß alle verschiedenen Teile des Musters genau aneinanderpassen. Überall, wo es sich daher bei einem Belag in erster Linie um das ansprechende Aussehen handelt, sollte diese Art von Belag gewählt werden. Die vielen Nähte können zwar die Ursache von schwachen Stellen sein, sie haben aber den Vorteil, daß bei einer geringfügigen Reparatur nur ein oder zwei Fliesen aufgenommen werden müssen.

Da die Preßvulkanisation eine sehr scharfe Kontrolle zuläßt und die fertigen Platten flach sind, liegen die zugeschnittenen Fliesen auf dem Untergrund gut auf, ohne das Bestreben zu haben, sich aufzukrümmen. Da die verschiedenen Farben, die für ein bestimmtes Muster vorgesehen sind, nicht gleichzeitig in der Presse geheizt werden, kann die Dicke der benachbarten Fliesen um wenig variieren. Dies kann dazu führen, daß der fertige Belag nicht vollkommen eben liegt. Die Dickenunterschiede sind aber im allgemeinen so gering, daß dies nur durch sehr genaue Prüfung feststellbar ist.

Eingelegte Fliesen

Für die Herstellung eingelegter Fliesen werden die Felle unvulkanisierter Kautschuks genau so hergestellt, wie bei der Erzeugung der Fliesen vorhergehend beschrieben. Die Heizung in der Presse soll jedoch nur halb so lang sein, als zur völligen Ausvulkanisation erforderlich. Die einzelnen Fliesen werden dann in die erforderliche Größe und Form zugeschnitten. Eingelegte Fliesen können mit oder ohne Unterlage hergestellt werden, so daß die Fabrikationsmethoden je nach der vorgesehenen Art sich voneinander etwas unterscheiden. Die Herstellung ohne Unterlage soll zuerst besprochen werden. Die Kanten der halbvulkanisierten zurechtgeschnittenen Fliesen werden vorsichtig mit Kautschuklösung eingestrichen, die geeignete Vulkanisationsstoffe enthalten soll, damit der Kautschuk bei der abschließenden Heizung gut vulkanisiert. Nach Trocknung der Lösung werden die Fliesen zu einem großen Fell der erwünschten Musterung vereinigt. Die Größe desselben darf natürlich die Kapazität der Presse nicht überschreiten. Etwa auf die Oberfläche der Fliesen gelangte Lösung muß sorgfältig entfernt werden. Dies geschieht am einfachsten, indem man die abgetrocknete Lösung mit einem Stückchen mastizierten Kautschuk abreibt. Die so zusammengesetzten Felle werden nochmals in die Presse verbracht und hier ausvulkanisiert. Vor dem Versand der einzeln zusammengesetzten Platten empfiehlt es sich, sie auf einem Boden auszulegen, um sich von dem zufriedenstellenden Zusammenpassen der einzelnen Stücke zu überzeugen.

Wenn Fliesen mit Unterlage benötigt werden, so müssen dieselben aus einer Mischung hergestellt werden, die in der für die zweite Heizung bestimmten Zeit ausvulkanisiert. Die Mischung der Unterlage soll so billig wie möglich sein und besteht daher zumeist aus schwarzer Mischung, die

große Mengen gemahlener Baumwolle enthält, die zumeist wohl aus Reifen oder Riemenabfällen gewonnen wird. Man muß aber bei der erwünschten Billigkeit darauf achten, daß der Kautschuk während der Vulkanisation nicht allzusehr an der Presse haftet, außerdem muß die Qualität ausreichend hart und steif sein, um jeden Teil der Musterung gut in Lage zu halten. Die Größe der unvulkanisierten Unterlage, auf die die halbvulkanisierten Fliesen verlegt werden, soll etwas größer sein als die vorgesehene Platte. Die Oberfläche der Unterlage soll mit Benzin gut abgewaschen werden und die Kanten und die Unterseiten der Fliesen sind mit einer rasch vulkanisierenden Lösung zu bestreichen. Nach Trocknung beider Flächen werden die Fliesen vorsichtig auf die Unterlage gelegt, wobei darauf zu achten ist, daß sie nicht nur gut an der Unterlage haften, sondern auch ihre Kanten gut miteinander verbunden sind, so daß zwischen den einzelnen Komponenten kein Raum frei bleibt. Die überschüssige Fläche der Unterlage wird dann mit scharfem Messer abgeschnitten, etwa überschüssige trockene Lösung entfernt und die Vulkanisation wie vorerwähnt zu Ende geführt. Die Dicke eines auf Unterlage hergestellten Belages weist im allgemeinen eine Stärke von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll auf. Der Vorteil eines derartigen Kautschukbelages besteht darin, daß sich eine Musterung ohne Gefahr der durch viele Nahtstellen bedingten Schwächen herstellen läßt. Das Fehlen der Verbindungsstellen und die Glätte durch die abschließende Heizung verleiht der Oberfläche des Belages ein sehr gleichmäßiges Aussehen. Die einzeln aufgebauten Platten liegen vollkommen plan in enger Berührung mit dem Untergrund, ohne daß sich im Kautschuk innere Spannungen ausbilden können. Überall wo derartige Unterlagen Anwendung finden, sind sie zum Ausgleich geringer Ungleichmäßigkeiten des Untergrundes vorteilhaft. Die Hauptnachteile eingelegter Fliesen bestehen oft in der Schwierigkeit, die Musterungen benachbarter Platten miteinander in Übereinstimmung zu bringen, da die Schrumpfung der einzelnen Felle unterschiedlich sein kann. Ferner erfordert auch eine kleine Reparatur oder Abänderung die Entfernung eines ganzen Abschnittes.

Geformte Fliesen

Für die Herstellung geformter Fliesen erübrigt sich die Anwendung kalandrierten Kautschuks. Die Mischung wird direkt auf den Mischwalzen in Felle ausgezogen, die um ungefähr $\frac{1}{16}$ Zoll dicker sein sollen, als die benötigten Fliesen. Für ganz große Fliesen kann man etwas unter $\frac{1}{16}$ Zoll bleiben. Die Klappen, die für die Ausfüllung der Formen bestimmt sind, werden entweder von Hand oder maschinell ausgestanzt. Als Formmaterial empfiehlt sich ein hartes weißes Metall. Weiches Metall wird bald wertlos, da es sich durch den Fluß des steifen unvulkanisierten Kautschuks unter dem hydraulischen Druck leicht deformiert. Deshalb werden die Formen zweckmäßig von einem Stahling umschlossen. Für absolut einwandfreie Arbeit muß aber die Form nach 100 bis 150 Heizungen umgeschmolzen werden. Die zugeschnittenen Klappen werden wie üblich in die Formen eingelegt und in einer mehrstufigen offenen Plattenpresse geheizt. Nach Beendigung der Vulkanisation wer-

den die Formen entleert und die Fliesen zugeschnitten; sie sind dann versandbereit.

Geformte Fliesen sind im allgemeinen von sich überschneidendem Typus. Da ihre Herstellung kostspielig ist, und sie auch oft nicht gut ineinanderpassen, ist ihre Verwendung bei modernen Belägen selten. Das fehlerhafte Zusammenpassen beruht auf der unterschiedlichen Schrumpfung der zur Anwendung gelangenden Mischungen nach der Vulkanisation. Diese Schrumpfunterchiede sind aber schwer zu beheben oder zu kontrollieren.

Treppenbeläge

Der Kautschuktreppenbelag läßt sich in drei Bestandteile einteilen, und zwar Lauffläche, nasenförmiges Profil und Anstiegplatte (siehe Abb. 869).

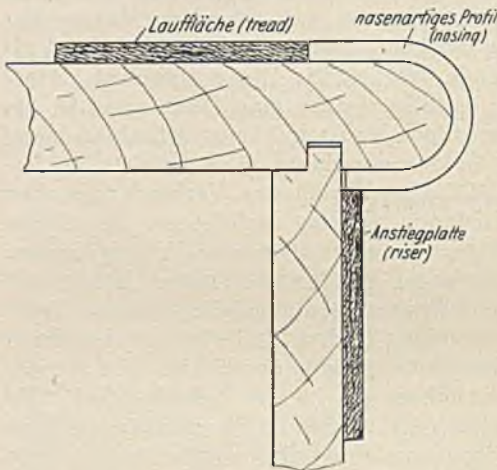


Abb. 869. Treppenbelag

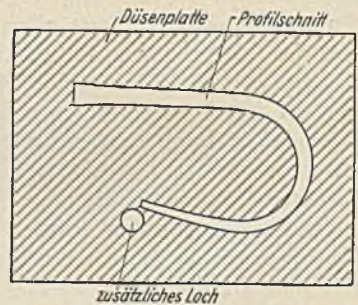


Abb. 870. Düsenplatte für Profilspritzung

Die einzelnen Komponenten können entweder für sich hergestellt werden als a) separate Einheiten, b) kombinierte Lauffläche und Profil mit separater Anstiegplatte oder c) als kombinierte Lauffläche, Profil und Anstieg. Wenn separate Einheiten benötigt werden, werden die Laufflächen und die Anstiegplatten von preßgeheizten Platten genau so wie die Fliesen geschnitten. Die Profile werden aus Kautschuk hergestellt, der zwecks Erzielung der richtigen Form durch eine Spritzmaschine geführt und auf besonders präparierten Formen vulkanisiert wird. Die Mischung, die für die Herstellung dieser Profile Anwendung findet, ist ähnlich der für weiche Fliesen, die härteren Abarten erfordern aber etwas Abänderung, damit sie sich einwandfrei spritzen lassen. Die Spritzdüse ist in ihrer Form dem Querschnitt des erwünschten Profils sehr ähnlich, da hochgefüllte Mischungen nur eine geringe Formveränderung nach Austritt aus der Öffnung erleiden. Unter normalen Spritzbedingungen sind die Kanten des ausgetriebenen Streifens bei Verarbei-

tung einer üblichen Profilmischung rau, so daß sie ein Zuschneiden erfordern würden. Man hat daher zur Vereinfachung eine kleine Abänderung in der Düse der Spritzmaschine gemacht, um die Kante der unteren Seite des Profils glatt zu erhalten. Diese Abänderung besteht in einem kleinen in die Düsenplatte gebohrten Loch, das, wie aus Abb. 870 ersichtlich, ein wenig von der in Frage kommenden Kante entfernt ist. An der oberen Kante erübrigt sich dies, da diese auf jeden Fall mit einem scharfen Messer zugeschnitten werden muß, um genau mit der Kante der Lauffläche zusammenzustößen. Um eine feste Verankerung an der Lauffläche zu sichern, sind die meisten Profile mit einem Streifen imprägnierten Canevas versehen, der teilweise an dem Profil selbst befestigt ist, teilweise aber zur Befestigung an der Lauffläche während der Verlegung der Treppe freibleibt. Dieser Canevasstreifen kann mit dem unvulkanisierten Profil mit einer Vulkanisationszusätze enthaltenden Lösung verbunden werden, so daß eine einzige Heizung für die »Nase« und die Verbindung genügt, oder aber der Canvas wird mit einer rasch vulkanisierenden Lösung auf das vulkanisierte Profil geklebt, das dann für kurze Zeit zwecks Erzielung einer festen Haftung erhitzt wird. Aus besonderen Gründen ist es mitunter erforderlich, den Canevas mit nicht vulkanisierender Lösung aufzubringen, doch soll dies, wenn irgend möglich, vermieden werden.

Während der Vulkanisation sollen alle »Nasen« auf einer Form geheizt werden, um eine Deformation in den ersten Stadien des Verfahrens zu verhindern. Diese Form kann aus einer Metallröhre, einer entsprechenden Holzform oder je nach Umständen aus Blech bestehen. Holzformen müssen durch ein oder zwei Heizungen vorpräpariert werden. Mit vielen Mischungen läßt sich die Vulkanisation so ausführen, daß man die »Nasen« auf der Form in Kreide einbettet, mitunter zieht man es aber vor, die Profile auch außen mit geformtem Blech zu bedecken und Formblech, Kautschuk und Form mit Tuch fest zu umwickeln. Die Profile müssen so geformt sein, daß sie von selbst bei Verlegung in ihre Lage einspringen. Zylindermantelförmige Profile sollen auf einer Form geheizt werden, deren Krümmungsradius um etwas geringer ist, als der der Treppe, wohingegen Profile quadratischen Querschnittes die untere Kante etwas nach oben gewölbt haben sollen, um die untere Kante der Treppe gut zu fassen. Wo es sich um die Anwendung komplizierter Formen handelt, wie z. B. bei konkaven und konvexen Treppen (siehe photographische Reproduktion Abb. 876 oder für zylindermantelförmige Abschlüsse, mag es erforderlich sein, die gespritzten Profile solange sie noch plastisch sind nachzuformen. Dies kann man entweder sofort nach dem Austritt aus der Spritzmaschine machen, oder falls das Profil bereits erkaltet ist, kann es auf einer Heizplatte wieder aufgewärmt werden. Alle diese speziell geformten Profile müssen fest auf der Form eingewickelt sein, damit sie ihre Gestaltung während der Vulkanisation beibehalten.

Nach erfolgter Vulkanisation muß die Kante des Profils, die gegen die Lauffläche stößt, auf richtige Größe zugeschnitten werden. Dies muß mit besonderer Sorgfalt erfolgen, und der Kautschuk ganz durchschnitten werden, ohne daß der Canevasstreifen beschädigt wird.

Gespritzte Profile können nur in einfachen Farben hergestellt werden, da die technischen Grenzen der Spritzmaschinen bisher die Herstellung marmorierter Profile verbieten. Wenn auch derartige Profile nicht empfehlenswert sind, sind sie dennoch von Zeit zu Zeit erforderlich, sie müssen dann aus einem Streifen kalandrierter Platte besonders hergestellt werden. Der Kautschuk muß auf die Form in plastischem Zustand aufgebracht werden. Die angewandte Methodik entspricht der für besonders geformte Profile bereits beschriebenen. Kombinierte Laufflächen und Profile oder kombinierte Laufflächen, Profile und Anstiegplatten werden aus kalandrierter Platte hergestellt. Die Krümmung des Nasenprofils wird dem Fell noch in seinem warmen und plastischen Zustand gegeben. Derartige Kombinationen lassen sich für konkave und konvexe Treppen nicht herstellen.

Es scheinen Meinungsverschiedenheiten darüber zu bestehen, ob man die Profile als Einheit für sich oder in Kombination mit anderen Komponenten des Treppenbelages zusammen verlegen soll. Damit ein Nasenprofil in seiner Lage fixiert bleibt und maximale Haltbarkeit und Zufriedenheit gewährleistet, ist es erforderlich, daß es in enger Verbindung mit der Treppe liegt. Das separate Profil wird dies deshalb leichter tun, da es genau auf Größe und Form angepaßt werden kann und es läßt sich auch infolge seiner etwas geringeren Dimensionierung strammer anpassen. Andererseits gibt die Kombination der Komponenten eine Einheit mit geringeren Klebestellen und kann, falls erwünscht, auch Profile aus marmoriertem Kautschuk aufweisen.

Wölbung

Kautschukwölbungen lassen sich ebenso herstellen wie gespritzte Profile. Ein typischer Querschnitt geht aus Abb. 871 hervor. Man sieht, daß der rechte Winkel an der Verbindungsstelle des Bodens mit der Wand abgescrägt ist. Dies soll verhindern, daß Unregelmäßigkeiten in der Verbindung der Wand mit dem Untergrund die gute Anpassung der Wölbung erschweren. Die äußere vertikale Kante der Wölbung soll in gleicher Ebene mit der Wand liegen, so daß kein Zwischenraum für die Anhäufung von Schmutz oder Staub verbleibt.



Abb. 871.
Kautschuk-
Wand-
wölbung

Die Oberfläche der Unterseite von Kautschukfußbodenbelägen

Die zur Herstellung der verschiedenen Typen von Fußbodenbelägen erörterten Fabrikationseinzelheiten ergeben sämtlich ein Material mit beiderseits glatten Oberflächen. In manchen Fällen benötigt man aber einen Belag, dessen Oberfläche glatt ist, die mit dem Untergrund in Berührung kommende Unterseite aber aufgeraut sein soll. Die Aufrauung der Fläche kann entweder während der Vulkanisation oder nachher erfolgen. Die Aufrauung während der Vulkanisation wird mit Hilfe eines Tuches erzielt, das in das unvulkanisierte Kautschukfell eingepreßt wird.

Bei Herstellung von Fliesen wird das Tuch gleichzeitig mit dem Kautschuk in die Heizpresse eingelegt. Das Tuch kann entweder sowohl unter den Kautschuk als auch unter die formgebenden Metallbarren gelegt werden, oder aber man kann die Barren so dimensionieren, daß die Dicke des Tuches Berücksichtigung findet. Bei Herstellung langer Bahnen läßt sich die gleiche Aufrauung erzielen, indem man dieses Tuch und den Kautschuk in das gummierte Gewebe einschlägt. Die Aufrauung kann fein oder grob sein, je nach der Art des angewandten Tuches. Die grobe Aufrauung ist die üblichere. Die Aufrauung nach der Vulkanisation erfolgt unter Anwendung einer besonderen Schleifmaschine. Der erwünschte Effekt wird hier durch eine aus Schleifmaterial oder aufkratzendem Material bestehende bewegliche Oberfläche erzielt.

Wenn die Verbindung des Kautschukfelles mit einer anderen Oberfläche mittels Kautschuklösungen erzielt wird, so erhält man bekanntlich die besten Resultate, wenn beide Oberflächen schwach aufgeraut sind und der Film der Haftschrift kontinuierlich ist. Wenn man daher die Aufrauung zu weit treibt, besteht die Gefahr, daß die tiefsten Rillen beim Auftragen der Kleblösung überbrückt werden, wodurch die Kontinuität des Filmes gebrochen und die Haftfestigkeit verringert wird. Treibt man aber die Aufrauung noch weiter, bis die Oberfläche mit einer großen Zahl von Rillen bedeckt ist, mag der Klebstoff wohl wieder einen kontinuierlichen Film geben, doch wird die Oberfläche nach erfolgter Trocknung nicht hinreichend flach sein, um eine dauernde Haftung zu gewährleisten. In dem besonderen Fall des Kautschukfußbodenbelages wird man daher mit einem schwachen Abschleifen der glatten Oberfläche Vorteile erzielen. Starke Rillenbildung, wie sie grober Canevas hervorbringt, ergibt aber Unebenheiten, die nicht leicht durch die Klebmasse ausgeglichen werden; bei Verwendung eines feineren Canevastuches ergibt sich eine Oberfläche, die nur schwer völlig abzudecken ist.

Harzklebelösungen werden nicht in so dünnen Filmen wie Kautschuklösungen aufgetragen, so daß diese auch tiefe Einkerbungen ausfüllen können. Fliesen mit derartig tiefen Einkerbungen ergeben eine viel größere Klebfläche pro gegebene Bodeneinheit, so daß sie viel zufriedenstellendere Ergebnisse erzielen lassen, als bei Anwendung eines schwach abgeschliffenen Kautschuks. Deshalb ist bei Verlegung unter Anwendung von Harzlösungen die Verwendung von verhältnismäßig groben Tuchmarkierungen auf der Unterseite des Kautschuks empfehlenswert.

Untergrund

Damit ein mit Kautschuk belegter Boden volle Zufriedenheit gibt, ist es nicht nur erforderlich, der Qualität des Kautschuks selbst seine Aufmerksamkeit zu schenken, sondern man muß auch auf den Untergrund Rücksicht nehmen. Selbst der beste Kautschukfußbodenbelag kann auf einem ungeeigneten Untergrund niemals zufriedenstellende Ergebnisse zeitigen.

Ein aus Holz hergestellter Untergrund kann dann als zufriedenstellend bezeichnet werden, wenn dasselbe gut abgelagert ist und eine glatte

knotenfreie Oberfläche aufweist. Im allgemeinen bewähren sich alte Holzböden unter Berücksichtigung einiger kleiner Adaptierungen sehr gut. Alle Nägel müssen in die Oberfläche eingelassen und Ungleichmäßigkeiten des Holzes müssen abgehobelt werden, um eine glatte, von lossem Material freie Oberfläche zu ergeben. Zwischenräume zwischen den einzelnen Balken sowie Löcher, die durch das Versenken der Nägel entstehen, sollen ausgefüllt werden, oder falls die Zwischenräume zu breit sind, empfiehlt es sich, dünne Holzstreifen einzulegen und auf gleiche Ebene mit den Balken abzuhobeln. Sogenanntes plastisches Holz ist, wenn sachkundig hergestellt, zum Ausfüllen kleiner Zwischenräume und Löcher sehr empfehlenswert. Die Oberfläche des Untergrundes muß absolut fest sein, da jede Schwingung, die infolge zu dünner Holzbalken auftreten kann, eine Zerstörung der Verbindungsstellen des Kautschukbelages verursachen und schließlich zu einer Loslösung des Belages vom Boden führen wird. Die Oberfläche des Untergrundes muß frei von Öl, Wachs, Farben oder Politur usw. sein, da diese Substanzen die Klebmasse an einer guten Verankerung im Holz hindern.

Nicht genügend abgelagerte Hölzer eignen sich als Untergrund zur Verlegung eines Kautschukbelages nicht, da sie sich allmählich werfen und schrumpfen. Das Werfen des Holzes verursacht die Ausbildung eines welligen Effektes auf der Kautschukoberfläche, ebenso wie die Öffnung der Verbindungsstellen eine feststellbare Unregelmäßigkeit in den anschließenden Teilen des Belages verursacht, die sich sogar bis zum Bruch der Oberfläche steigern. Derartige Fehler würden sich insbesondere an den Stellen eines Bodens zeigen, der Dampfheizungen oder Warmwasserleitungen benachbart ist.

Ein Holzboden, der schon zu stark abgenutzt ist, um noch glattgehobelt werden zu können, kann entweder mit einer Lage Magnesitbelag bedeckt werden oder man kann auch eine Lage Sperrholz auf die alten Bretter aufschrauben. Um eine hinreichend starke Unterlage zu haben, sollte der Magnesitboden nicht weniger als $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke aufweisen. In Anbetracht seiner korrodierenden Eigenschaften ist dafür Sorge zu tragen, daß er mit Metall nicht direkt in Berührung kommt. Metallröhren, Leitungen usw. können durch vorsichtigen Überzug mit Bitumen geschützt werden. Wenn man Sperrholz anwendet, so soll es in großen Platten von nicht weniger als $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke auf die Balken aufgeschraubt werden, um jegliche Schwingung zu vermeiden. Da man in Neubauten kaum gut abgelagerte Balken erhalten wird, ist es unter Umständen angebracht, das Sperrholz direkt auf die Dielenbalken aufzuschrauben und so die üblichen Bodenbalken gänzlich auszuschalten. Die erforderliche Dicke wird natürlich hier größer sein müssen als die für einen abgenutzten Balkenboden und sollte von dem für den Bau verantwortlichen Architekten bestimmt werden. In Amerika werden viele Kautschukbeläge mit einer Lage von Canevas oder Filz zwischen Kautschuk und hölzernem Unterboden verlegt. Der Canevas wird aufgenagelt, wobei darauf zu achten ist, daß die kleinen Nägel nicht aus der Oberfläche herausstehen. Der Filz wird auf den Boden mit Gummilösung aufgeklebt. Derartige Zwischenlagen sollen verhindern, daß etwaige Ausdehnungen

oder ein Zusammenziehen des Untergrundes sich auf den Kautschukbelag überträgt.

Ein mit Kautschuk belegter hölzerner Untergrund muß entsprechende Ventilationsmöglichkeiten haben. So ist es ausgeschlossen, einen auf Beton verlegten Holzboden mit Kautschuk zu belegen, da das Holz keine Belüftung erfahren würde und sehr rasch der Vermoderung anheimfiele. Ein aus Zementmörtel hergestellter Untergrund ergibt unter geeigneten Bedingungen zufriedenstellende Verlegungsmöglichkeiten für Kautschukbeläge und ist heute wohl der gebräuchlichste Untergrund. Er muß eine trockene reine, ebene und kompakte Oberfläche aufweisen, die frei von Fehlstellen sein muß, und es ist darauf zu achten, daß der Abschluß des Bodens mit der Wand sauber und scharfkantig ist. Kautschukbeläge können auf einem derartigen Untergrund ohne Befürchtungen in bezug auf ihre Haltbarkeit verwendet werden. Gefahr besteht nur, daß die Haftung zwischen Kautschuk und Boden nachläßt, wenn der Untergrund bei der Verlegung oder später einmal nicht völlig trocken ist. Ein Untergrund, der mit der Erde in direkter Berührung ist, wird niemals völlig trocken sein, so daß darauf verlegter Kautschuk nach kurzer Zeit sich ablösen wird. Aber auch höhergelegene Böden können auf Grund von Kapillarwirkung durch die Wände feucht werden, und es ist daher für eine gute Isolierung gegen einkriechende Feuchtigkeit vorzusorgen. So kann beispielsweise Regen durch poröse Ziegel aufgenommen und durch den Winddruck in das Gebäude eingetrieben werden. In Fällen, wo man über die Anwesenheit von Feuchtigkeit Zweifel hat, empfiehlt es sich, die Stellen einer genauen Prüfung zu unterziehen. Dies geschieht am besten, indem man auf die zu untersuchende Stelle eine Anzahl Kalziumchloridkristalle unter einer Glasschale legt. Der Rand der Schale wird dann noch mit Kitt abgedichtet, und diese Anordnung für zwei bis drei Tage sich selbst überlassen. Ist Feuchtigkeit im Boden vorhanden, so wird dieselbe die Kalziumchloridkristalle zum Zerfließen bringen und die gebildete Lösung wird im Boden verschwinden. Sofern also die Kristalle nicht völlig trocken erhalten bleiben, sollte kein Kautschuk verlegt werden. Die Zeit, die zur Austrocknung eines frisch verlegten Zementmörtelbodens erforderlich ist, hängt von den atmosphärischen Bedingungen ab, schwankt aber im allgemeinen zwischen 4 und 8 Wochen. Auch hier sollte die Kalziumchloridprüfung angewandt werden, da der Boden mitunter schon nach 3 bis 4 Tagen ein trockenes Aussehen zeigt. Eine geeignete Zementmörtelmischung besteht aus 1 Volumteil Portlandzement und 2,5 Volumteilen groben Sandes; 3 Volumteile des letzteren werden als äußerste Grenze aufgefaßt. Zum Bedecken von Treppenstufen soll die niedrigere Sandmenge Anwendung finden. Meeressand führt des öfteren zu Unannehmlichkeiten, so daß sich dieses Material nicht empfiehlt. Zwecks Vermeidung von Porosität soll die Anwendung von übermäßig viel Wasser vermieden werden. Die geeignete Stärke des Zementmörtelbelages ist $\frac{3}{4}$ Zoll. Die für den Abschluß dieser Unterlage angewandte Methode ist von Bedeutung, da von der Oberfläche die Stärke der Haftung zwischen Kautschuk und Untergrund abhängt. Am zufriedenstellendsten hat sich ein Abschluß unter Benutzung von einer stählernen Kelle

erwiesen. Für möglichste Staubfreiheit der Oberfläche ist Vorsorge zu tragen. Die besten Ergebnisse mit Kautschukbelägen dürften auf Betonuntergrund erzielbar sein, die einen Abschlußstrich mit Magnesiumoxychloridmörtel erhalten haben. Derartiger Mörtel beruht auf der Reaktion zwischen kalzinierter Magnesia und einer Lösung von Magnesiumchlorid die eine harte Masse ergibt. Außer diesen beiden Komponenten werden noch verschiedene andere Substanzen, wie z. B. Sägemehl, als Füllstoffe zugesetzt. Derartige kombinierte Mörtel trocknen rascher als Zementmörtel, so daß das Zeitintervall zwischen der Verlegung des Untergrundes und des Kautschuks erheblich verringert werden kann. Des weiteren wird die Haftung bei etwa später sich ergebender geringer Feuchtigkeit bei Anwendung von Kautschuklösungen als Klebmasse viel weniger ausgeprägt sein. Diese Mörtel sind aber teurer und dürfen, wie bereits erwähnt, mit ungeschützten Metallen nicht in Berührung kommen. Die Dicke der Mörtelschicht soll nicht unter $\frac{1}{2}$ Zoll liegen, die Trockenzeit schwankt je nach atmosphärischen Bedingungen zwischen einer und zwei Wochen.

Der mit derartigen Mörtelkompositionen erzielte Erfolg hat Versuche mit den billigeren Zement-Sägemehlmörteln ins Leben gerufen. Nach der Trocknung eines solchen Mörtels ist das Sägemehl an der Oberfläche mit einer Lage von Zementmörtelstaub bedeckt, so daß zur Erzielung guter Ergebnisse der Zement mit Schmirgel entfernt werden muß. Bei Anwesenheit von Feuchtigkeit geben diese Mörtel zwar nicht so zufriedenstellende Ergebnisse wie die vorerwähnten kombinierten Mörtel, sind jedoch besser, als reine Zementmörtellagen.

Beton, der aus Schmelzementen hergestellt und mit einer Schmelzementmörtellage überzogen ist, wird mitunter für neue Böden vorgezogen, da die bei der Abbindung des Zementes vor sich gehende Reaktion starke Temperaturerhöhung bedingt, die einer rascheren Verdampfung des Wassers und Trocknung des Bodens günstig ist. Derartige Böden sind insbesondere dort angezeigt, wo die zur Verfügung stehende Zeit für die Aufbringung eines anderen Untergrundes nicht ausreicht.

Überall dort, wo der Untergrund direkt in Verbindung mit der Erde verlegt werden muß, oder wo die Verlegung zu einem Zeitpunkt erfolgen muß, bevor der Beton hinreichend ausgetrocknet ist, wird die Betonoberfläche mitunter mit Naturasphalt bedeckt. Der Asphalt muß hinreichend hart sein, um etwaigen durch schwere Möbelstücke bedingten Deformationen zu widerstehen, und soll auch bei mäßiger Temperatur nicht allzu weich oder plastisch werden. Der Asphalt darf auch in üblichen Kautschuklösungsmitteln nicht allzu leicht löslich sein, da sonst bei Aufbringung der Kautschuklösungen als Haftschrift eine Schwächung der Klebung zu befürchten ist. Eine $\frac{3}{4}$ Zoll starke Lage wird in der Regel genügen, um die Feuchtigkeit des Untergrundes daran zu hindern, mit der Klebschicht oder dem Kautschukbelag in direkte Berührung zu kommen. Der Asphaltbelag ist in der Regel 24 Stunden nach seiner Aufbringung in einem Zustand, der die Verlegung des Kautschukfußbodens gestattet.

Steinplatten sind in der Regel für die Verlegung ungeeignet; sie sind meist locker oder gesprungen und ihre Verlegung selbst so ungleichmäßig,

daß die zwischen den Platten vorhandenen Zwischenräume an der Oberfläche des fertig verlegten Kautschukbodens sichtbar werden. Sie werden am besten entfernt und der Boden mit einer Lage kombinierten Mörtels bedeckt. Marmor, keramische Fliesen und Metall gestatten in der Regel keine zufriedenstellende Verankerung für die Klebmasse und sollen, wenn irgend möglich, entfernt werden. Ist dies ausgeschlossen, so erhält man die besten Resultate durch Anwendung von Harz- oder Kaseinhafmassen. Die Oberfläche wird sich für die Verankerung besser eignen, wenn sie vorher durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure oder durch Abreiben mit Schleifmaterial aufgeraut werden. Auch die letzten Spuren von Säure müssen aber vor Aufbringung der Klebmasse restlos entfernt werden.³

Klebmassen

Die Haftung des Kautschuks am Untergrund wird in der Regel entweder durch Anwendung einer Kautschuklösung oder einer harzhaltigen Klebmasse erzielt. Während die europäischen Fabrikanten die erste Art vorziehen, ist die zweite in Amerika populärer.

Die Kautschuklösung wird entweder von schwach mastiziertem Smoked sheet oder gewaschenem Parakautschuk hergestellt. Der Grad der Mastikation sollte wissenschaftlich kontrolliert werden, um eine Lösung maximaler Haftfestigkeit zu erlangen; die Walzen sollen völlig kalt gehalten werden, um die dem Kautschuk erteilte Plastizität dauernd zu gestalten, und um zu erreichen, daß die Viskosität der hergestellten Lösung auch bei Lagerung sich so wenig wie möglich verändert. Wenn es auch nicht allgemein empfohlen wird, daß mastizierter Kautschuk oder die daraus hergestellte Lösung lange vor dem Gebrauch hergestellt werden soll, muß eine Lösung guter Qualität auch noch 1 Jahr nach der Mastikation des Kautschuks zufriedenstellende Resultate zeitigen. Eine Anzahl Kautschuklösungen, die als Klebstoffe für Fliesen Anwendung finden, enthalten kleine Mengen der üblichen Füllstoffe, wie Zinkoxyd und Magnesiumcarbonat. Diese Lösungen ergeben einen strammen getrockneten Kautschukfilm. Das angewandte Lösungsmittel ist oft, aber keinesfalls allgemein Leichtbenzin.

Die Destillationstemperatur des Lösungsmittels soll jedenfalls so sein, daß die Trocknung der Lösung in annehmbarer Zeit erfolgt, doch soll das Lösungsmittel unter normalen Verarbeitungsbedingungen nicht so flüchtig sein, daß der Kautschukfilm auf eine dem Taupunkt nahekommende Temperatur abkühlt, da etwa sich auf dem Kautschuk niederschlagende Feuchtigkeit eine gute Haftung verhindern würde. Diese Forderungen schließen Fraktionen mit niederem und hohem Siedepunkt aus, doch darf die Grenze der Destillationstemperatur nicht zu sehr eingeschränkt werden, da sonst das Lösungsmittel an der Oberfläche der Lösung verdampfen und eine harte Haut zurückließe, die die Verdampfung des Lösungsmittels aus dem Innern verhindern würde. Da die letzten Spuren des Lösungsmittels erst geraume Zeit nach der Verlegung verdunsten

³ Siehe auch Abschnitt »Latex-Technologie«. Anmerkung des Herausgebers

werden, soll das angewandte Lösungsmittel unbedingt frei von widerwärtigen Geruchstoffen sein. Dies gilt ganz besonders bei der Verlegung von Kautschukböden in Gebäuden, in denen mit Nahrungsmitteln hantiert wird, wie z. B. in Restaurants, Hotels oder in einer Kolonialwarenhandlung. Das Lösungsmittel muß ferner chemisch stabil sein, darf auf den Kautschuk keinen zerstörenden Einfluß ausüben und auch den Verleger gesundheitlich nicht schädigen. Leichtbenzin erfüllt diese Bedingungen wohl zufriedenstellend, sein Nachteil besteht lediglich darin, daß eine gewisse Feuersgefahr nicht ausgeschaltet ist. Steinkohlenteerdestillat ist giftiger, für den Arbeiter nicht angenehm und enthält oft nicht zu entfernende unangenehme Geruchstoffe. Dasselbe gilt für aus Kohlenschiefer gewonnene Lösungsmittel. Chlorierte Äthylenderivate sind giftig und zersetzen sich leicht unter Bildung saurer Zersetzungsprodukte und sieden, sofern sie nicht vermischt sind, nicht über ein größeres Temperaturbereich. Terpentin ist wegen seiner den Kautschuk oxydierenden Eigenschaften ungeeignet. Mitunter sind Kautschukfußböden auch verlegt worden, bei denen die Klebschicht kurz vor der Verlegung mit einer Chlorschwefellösung bestrichen wurde; mitunter würden auch Kautschuklösungen angewandt, die Schwefel, Zinkoxyd und einen geeigneten Beschleuniger oder Beschleunigermischungen enthielten, um einen selbstvulkanisierenden Kautschuk zu erzielen. Kurz nach der Verlegung ist die hiermit erzielte Haftung besser als bei Anwendung reiner Lösungen, im Gebrauch scheinen aber diese Böden keine Vorteile aufzuweisen, die die erhöhten Kosten und Arbeit rechtfertigen würden.

Harzklebemassen unterscheiden sich je nach Herkunft sehr stark in ihrer Zusammensetzung. Spezielle Rezepturen werden nur selten bekanntgegeben, doch bestehen die Massen im allgemeinen aus Gummiarten und Harzen, Füllstoffen und Lösungsmitteln. Die harzige Komponente wird aus mehreren Harzen oder Gummiarten gemischt, um ein hartes aber nicht sprödes Produkt zu ergeben. Als Füllstoff finden indifferente Pulver, wie Chinaclay, Asbestine oder Schwerspat Anwendung. Das Lösungsmittel hängt von der Art des Harzes ab, besteht aber sehr oft aus 90proz. reinem Alkohol.

Auf einem absolut trockenen Untergrund wird eine Harzklebemasse eine bessere Haftung ergeben, als eine Kautschuklösung; wird aber der Boden aus irgendeiner Ursache feucht, so wird man hier viel früher mit Schwierigkeiten zu rechnen haben. Wenn es sich um nur zeitweise auftretende Feuchtigkeit handelt, wird dieselbe das Harz allmählich hydrolysieren, wobei nichtklebende Produkte entstehen. Da Kautschuk durch Wasser direkt nicht angreifbar ist, wird eine Kautschuklösung nach wieder erfolgter Trocknung des Bodens auch ihre Haftung wieder aufweisen.

Unter anderen Vorteilen, die man für Kautschuklösungen als Klebmasse aufzählen kann, seien die folgenden erwähnt: Kautschuklösungen behalten auch nach Abtrocknung ihre Klebkraft bei, so daß große Flächen Untergrundes auf einmal mit der Lösung bestrichen werden können. Es ist also nicht nötig, jedes Stück Kautschuk sofort nach Aufbringung der Haftmasse zu verlegen. Nach der Verlegung hält die Kaut-

schuklösung den Boden ohne weitere Beihilfe bereits in der richtigen Lage. Die Hauptnachteile der Lösung machen sich vor allem bei der Verlegung weicher Beläge bemerkbar, da hier der Belag leicht Lösungsmittel absorbiert und sich aufwölbt. Der Belag wird nicht flach am Boden liegen, ohne unter Druck gestellt zu werden, ebenso wie die Haftfähigkeit der Lösung nicht ausreichen kann, solange das Lösungsmittel aus dem Belag selbst verdampft.

Die für Harzklebmassen beanspruchten Vorteile sind unter anderem: Die Lösungsmitteldämpfe sind nicht so schädlich, wie die von Kautschuklösungen, so daß man diese Klebmasse in Nahrungsmittelgeschäften und dergleichen vorzieht. Da diese Klebmassen in dickeren Schichten auf den Untergrund aufgebracht werden, werden kleine Unebenheiten desselben ausgefüllt, so daß eine ebenere Untergrundoberfläche erzielt wird. Ist die Verbindung zwischen zwei Fliesen nicht ganz dicht, so kann der Zwischenraum mit der wasserdichten Klebmasse ausgefüllt werden, wodurch ein Unterwaschen des Belages und die Auflösung der Haftfestigkeit vermieden wird. Als größter Nachteil sei vermerkt, daß der Kautschukbelag bis zur völligen Trocknung der Klebmasse gut beschwert sein muß.

Obwohl Kautschuklösungen und Harzklebmassen die am meisten gebräuchlichen Arten darstellen, finden mitunter auch Kaseinleime und Bitumenemulsionen Anwendung.

Kaseinleime werden aus drei Mischungen hergestellt, und zwar:

- a) eine Suspension von Kasein in Wasser,
- b) eine Suspension von gelöschtem Kalk in Wasser,
- c) eine Lösung von Natriumsilikat in Wasser.

Die Suspensionen a und b werden miteinander vermischt und bis zur Verdickung gerührt, dann wird Lösung c zugesetzt. Der Leim muß binnen weniger Stunden verarbeitet werden. Bitumenemulsionen werden in der Regel direkt vom Fabrikanten bezogen, der sie einfach durch Emulgierung von Bitumen mit Wasser bei Anwesenheit eines geeigneten Emulgators herstellt.

Kaseinleime bewähren sich hervorragend auf trockenem Untergrund, jedoch verursachen schon Spuren von Feuchtigkeit eine erhebliche Schwächung. Sie scheinen für die Befestigung von Kautschuk auf Marmor bei weitem am besten geeignet. Was Bitumenemulsionen anbelangt, so sind sie nach der allgemeinen Erfahrung unzuverlässig, da sehr schwer festzustellen ist, wann die Emulsion gerade genug Wasser verloren hat, um zufriedenstellende Klebkraft aufzuweisen.

Vorbereitung eines dekorativen Musters für Kautschukbeläge

Sobald der für die Verlegung des Kautschukbelages vorgesehene Untergrund als einwandfrei befunden wurde oder etwa noch vorzunehmende kleinere Abänderungen mit dem Kunden besprochen worden sind, muß eine geeignete dekorative Musterung vorgelegt werden. Handelt es sich um einen Neubau, so wird in der Regel schon der Architekt einen Plan der zu belegenden Flächen liefern, sonst müssen aber die Dimensionen

ausgemessen werden. Zur Ausarbeitung der Musterung und zur Ausarbeitung der Kosten brauchen diese Dimensionen nur annähernd festliegen. Die Einzelheiten für die Musterung hängen vom Typus des Gebäudes, in dem der Kautschuk zu verlegen ist, von den Einzelheiten der bereits bestehenden Farbtonungen und vorgesehenen Dekorationen sowie den persönlichen Wünschen des Kunden ab. Hospitalräumlichkeiten verlangen beispielsweise einen Boden von ruhigem Charakter. Leuchtende, stark kontrastierende Farben sollten hier nicht angewandt werden, und ist es angebracht, den Boden mit Ausnahme der Bordüre einheitlich ohne irgendwelche Musterung zu verlegen. Ein direktes Gegenstück hierzu ist beispielsweise die Eingangshalle zu einem Kinematographentheater, wo die leuchtendsten Farbeffekte angewandt werden können und wo man die dekorativen Eigenschaften eines Kautschukbelages in vollem Ausmaße sich zunutze machen kann.

Wenn natürlich auch keine endgültigen Regeln für Musterungen unter bestimmten Bedingungen gegeben werden können, werden die folgenden Einzelheiten allgemein beachtet: Die Größe der angewandten Fliesen soll durch die Ausmaße der zu bedeckenden Fläche geregelt werden. Große Flächen sollen mit großen Fliesen verlegt werden, wodurch das Gebäude den Eindruck von Geräumigkeit erhält. Kleine Fliesen würden hier sehr unwirksam sein und ein gedrängtes und sehr unruhiges Aussehen bedingen. In sehr großen Zimmern sind beispielsweise Fliesen von 3 Quadratfuß Ausmaß nicht selten. Bei kleineren Räumlichkeiten sollen die Fliesen folgerichtig kleiner sein. Bei Bordüren soll der äußerste Streifen den dunkelsten Farbton aufweisen. Dieser Streifen soll auch ruhig hinreichend breit sein, da hierdurch nicht nur das Aussehen der Musterung gewinnt, sondern weil diese Breite etwa noch erforderlich werdendes Zuschneiden gestattet, ohne daß die Verringerung der Breite des Streifens zu augenfällig wird. Wo Beläge starkem Verkehr ausgesetzt sind, empfiehlt es sich, eine aus marmorierten Fliesen aufgebaute Musterung anzuwenden, da sie sauberer aussehen und Fußabdrücke viel weniger leicht zeigen, als aus einfachen Farben hergestellte Muster. Aus demselben Grunde sind starke Farben weniger empfehlenswert als neutrale Schattierungen. Der Kautschukbelag soll über die ganze Fläche des Bodens bis an die Einfassung reichen, mitunter kann seine äußere Kante sogar unter etwaige Holzeinfassungen verlegt werden. Bei Türen oder wo sonst der Belag nicht bis an eine Grenz wand herangeführt werden kann, soll eine Ausschrägung aus Hartholz oder Metall angebracht werden, um zu verhindern, daß die Kante des Belages keinen Übergang hat, wodurch leicht durch Anstoßen an derselben ein Loslösen des Belages verursacht wird. Da es wünschenswert ist, daß das Nasenprofil einer Treppe gut hervortritt, insbesondere bei nicht hinreichend beleuchteten Treppen, soll das Profil aus weißem Kautschuk, die Lauffläche und die Anstiegsfläche zwecks Erzielung eines Kontrastes aus dunklerer Mischung bestehen. Wo Treppengeländer angebracht sind, kann man das Aussehen einer Treppe dadurch verbessern, daß man den Kautschukbelag an der Mittellinie des Geländers abschließt und ihn nicht bis an die Treppenkante durchführt.

Sobald die Einzelheiten der Musterung fertiggestellt sind, muß die Fläche genau ausgemessen werden, um eine Werkzeichnung anlegen zu können. Man soll in allen Fällen, aber insbesondere bei einem Zimmer mit unregelmäßiger Form so viele Messungen wie möglich machen, um Fehler von vornherein auszuschalten. Wenn gekrümmte Flächen zu messen sind, empfiehlt es sich, eine Grundlinie festzulegen und von ihr aus die Krümmung noch gesondert zu bestimmen.

Aus diesen Meßergebnissen wird eine genaue Werkszeichnung gemacht. Nach ihr wird eine genaue Liste aller Farben und Marmorierungen, die Anwendung finden sollen, aufgestellt, Größe der erforderlichen Fliesen, und schließlich die Zahl der von jeder Farbe und Größe erforderlichen Stücke. Durch Zusammenstellen der Größen und Zahlen der Fliesen in den einzelnen Farben und unter Einrechnung des entsprechenden Abfalles lassen sich die Dimensionen der preßgeheizten Platten berechnen und ein geeignetes Fabrikationsprogramm aufstellen.

Verlegung

Vor jeder Verlegung müssen etwa vorhandene Nahrungsmittel entfernt werden und dürfen nicht wieder zurückgebracht werden, bevor nicht die Lösungsmitteldämpfe der Klebmassen restlos entfernt sind. Der Boden muß dann genau untersucht werden, um ganz sicher zu sein, daß er einwandfrei ist. Farbe, Öl, Fette, Lack oder Politur müssen entfernt sein, die Oberfläche muß freigelegt sein von Schmutz, Staub oder anderen Fremdkörpern. Ein Betonboden soll zwecks Entfernung lockeren Materials mit einer harten kurzen Bürste gereinigt werden, worauf noch vorhandener Staub mit einem weichhaarigen Besen abgekehrt wird. Dann wird der Raum gemäß der Werkszeichnung genau markiert.

Bei Anwendung von Kautschuklösungen wird die Verlegung in den meisten Fällen von der Mitte aus vorgenommen. Eine entsprechende Bodenfläche sowie die Unterseite und Kanten der erforderlichen Anzahl von Fliesen wird mittels Pinsels mit Kautschuklösung eingestrichen und trocknen gelassen. Sobald die Lösung völlig getrocknet ist, werden die Fliesen eine nach der anderen in ihre richtige Lage verlegt, wobei darauf zu achten ist, daß ein Wiederaufnehmen nicht erforderlich wird, da hierdurch die Kontinuität des Kautschukfilmes zerstört werden würde. Eine kleine Lageveränderung zur Erzielung fester Verbindung mit der angrenzenden Fliese läßt sich durch gelindes Hämmern mit einem Rundkopfhämmer erzielen. Die Kanten der Fliesen sollen in gerader Linie verlaufen. Sobald die Bordüre erreicht ist, soll man sie erst trocken auflegen, dann auf richtige Größe und Form zuschneiden und erst nun, wie erwähnt, bestreichen und endgültig auflegen.

Die erste Bahn soll an der ihr zukommenden Stelle erst ohne Klebstoff verlegt werden. Die eine Hälfte wird dann umgelegt und die nun freigelegte Stelle des Bodens sowie des Belages mit Kautschuklösung bestrichen. Nach der Trocknung wird der Belag allmählich in seine endgültige Lage gerollt, wobei jeder einzelne Teil bei Berührung mit dem Boden fest niedergepreßt werden soll. Erst dann wird die zweite Hälfte ähnlich behandelt. Hierauf werden die anderen Rollen des Belages links

und rechts in ähnlicher Weise verlegt. Diese müssen aber auch an den Kanten, die den bereits verlegten Rollen benachbart sind, eingestrichen werden. Die Verbindungsstellen sollen aus den schon früher erwähnten Gründen so dicht wie möglich gehalten sein. Nur so ist es zu vermeiden, daß Wasser zwischen die Rollen eindringt und allmählich die Haftung am Untergrund aufhebt. Auch ist aus hygienischen Gründen das Eindringen von Staub in derartige Zwischenräume nicht erwünscht.

Will man Harzklebmassen verwenden, so empfiehlt es sich, in der der Tür entferntesten Ecke mit der Arbeit zu beginnen. Die für die zwei Kanten erforderliche Bordüre wird erst verlegt, wobei besonders darauf zu achten ist, daß die beiden inneren Kanten derselben genau im rechten Winkel verlegt werden. Dann werden die Fliesen von der Ecke ausgehend verlegt und die Arbeit nach den anderen Seiten des Raumes fortgesetzt. Wenn die Verlegung mit Ausnahme der Bordüre für die letzten



Abb. 872. *Einschneiden einer Platte*



Abb. 873. *Randabschrägung*

zwei Seiten und der daran angrenzenden Fliesen beendet ist, wird die Bordüre ausgemessen, zugeschnitten und verlegt, so daß gerade soviel Raum verbleibt, um die noch nicht verlegten Fliesen in ihre richtige Lage zu bringen. Es sei noch bemerkt, daß die übliche Schichtdicke einer Harzklebmasse, die zweckmäßig mit einer Kelle aufgetragen wird, 0,02 Zoll beträgt. Die in einem Arbeitsgang zu bedeckende Fläche ist ungefähr ein Quadratyard. Der Kautschuk wird zumeist nicht bestrichen. Die Fliese wird auf die Klebschicht ungefähr 2,5 Zoll von der Stelle aufgelegt, auf die sie gehört und vorsichtig in ihre Lage geschoben. Klebmasse, die hierbei an die Oberfläche des Belages gedrückt wird, soll sofort mittels eines Spachtels entfernt werden. Da die Klebmasse weich ist, ist darauf zu achten, daß die Fliesen in einer Ebene verlegt werden. Etwaige Unebenheiten lassen sich noch ausgleichen, wenn man den fertig verlegten Boden 1 bis 2 Stunden nachher mit einer schweren Walze behandelt. Etwa hierdurch an die Oberfläche tretende Klebmasse soll mit einem in Methylalkohol getränkten Tuch entfernt werden.

Wo ein Beschneiden des Kautschuks erforderlich ist, ist darauf zu achten, daß die Kanten gerade, frei von Fehlern und im rechten Winkel zur Oberfläche sind. Ein beabsichtigter gerader, einwärts gerichteter Schnitt, wie beispielsweise in Abb. 872 gezeigt, findet mitunter Anwendung. In Anbetracht des Umstandes aber, daß sich durch den Verkehr der Belag um ein wenig an der Oberfläche der Verbindung verschieben kann, ist ein rechtwinkliger Schnitt immer empfehlenswerter. Ein Schnitt in der anderen Richtung muß auf jeden Fall vermieden werden, da sonst zwischen den Fliesen oben eine offene Stelle verbliebe. Bei Anwendung von Harzklebmassen ist das Vorliegen nicht rechtwinkliger Schnitte weniger nachteilig, da hier die Klebmasse einen wasserdichten Abschluß

verbürgt. Wo die äußeren Kanten des Belages nicht in Kontakt mit einer Grenz wand stehen oder durch eine Hartholz kante oder andere Materialien von gleicher Dicke wie die Fliesen geschützt sind, kann die Kante des Kautschuks in einem schwachen Winkel nach außen, wie aus Abbildung 873 ersichtlich, zugeschnitten werden. Hierdurch würde die Haftung am Untergrund begünstigt werden.

Wenn auch der Belag kurz nach der Verlegung leichten Verkehr zuläßt, soll starke Beanspruchung erst nach mehreren Tagen erfolgen, da sonst die Gefahr besteht, daß die Haftung am Untergrund geschwächt wird.

Bei Verlegung von Treppenbelägen ist einwandfreier Sitz in allen Fällen erforderlich; im besonderen gilt dies für die Profile. Holztrep pen müssen völlig glatt und frei von Spänen sein. Betonstufen sollen glatt und frei von Fehlstellen an den Kanten sein, die schwach abgerundet sein müssen, damit der Kautschukbelag an diesen Stellen im Laufe der Beanspruchung nicht durchschnitten wird.

Reinigung

Um das entsprechende Aussehen eines Kautschukbelages zu erhalten, ist regelmäßige Reinigung erforderlich. Der Boden soll erst 7 Tage nach der Verlegung das erste Mal gewaschen werden, um eine völlige Verdampfung des Lösungsmittels und eine feste Verankerung des Kautschuks zu sichern. Die geeignetste Art der Reinigung ist weitgehend von dem auf seiner Oberfläche sich abspielenden Verkehr abhängig. Handelt es sich um einen schwachen Verkehr, so genügt es, den Boden mit Seife und Wasser unter Anwendung eines feuchten Scheuertuches zu reinigen. Von Zeit zu Zeit empfiehlt es sich aber, ein schwach abreibendes Reinigungsmittel zu verwenden, um etwa in die Oberfläche eingetretenen Schmutz zu entfernen. Dieses Material muß aber nach hinreichender Reinigung der Oberfläche mittels eines Scheuertuches gründlich entfernt werden, da sonst der Boden nach der Trocknung ein unansehnliches weißes pulvriges Aussehen haben würde.

Wo es sich um stärkere Beanspruchung handelt, wird die Reinigung mit Seife und Wasser nicht ausreichen. Hier wird man sich allgemein des schwach abreibenden Reinigungsmittels bedienen. Derartige Pulver bestehen im allgemeinen aus einer schwachen Schleifmasse und Seife. Sie sind sowohl in trockener Form als auch in Form einer durch Zusatz von Wasser erzielbaren steifen Paste erhältlich. Die Reibwirkung des trockenen Pulvers ist zumeist etwas stärker als die der Paste. Man befeuchtet den Boden zuerst mit einem feuchten Tuch und stäubt dann entweder das Pulver darauf, oder verbringt auf ihn hinreichend Mengen der Paste. Die Reinigung selbst kann man vornehmen, indem man entweder das Reinigungsmittel mit einem Tuch auf dem Boden verreibt — hierdurch wird das Tuch aber rasch zerstört — oder vorzugsweise unter Anwendung eines harten Schrubbers. Sehr große Flächen können mit Waschmaschinen gereinigt werden, die sowohl das trockene Pulver auf den Boden gleich-

mäßig verteilen, dann Wasser zufügen, den Boden säubern und schließlich das Waschwasser selbst entfernen.

Gleichgültig, welches Verfahren Anwendung findet, muß darauf geachtet werden, daß übermäßig viel Wasser vermieden wird, daß es nach Beendigung der Reinigung möglichst restlos entfernt wird und daß die angewandte Schleifmasse nicht zu scharf ist, um die Oberfläche des Bodens zu verletzen. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich immer, daß der Hersteller des Belages dem Kunden mit der geeignetsten und bewährtesten Reinigungsart vertraut macht.

Wenn auch die vorbeschriebene Reinigungsart genügt, um ein gutes Aussehen des Kautschukbelages dauernd zu gewährleisten, wird in manchen Fällen eine polierte Oberfläche gewünscht. Bodenpolituren werden im allgemeinen aus Hartwachsen hergestellt, die durch Zusatz von Lösungsmittel in weiche, leicht anwendbare Pasten übergeführt werden. Bei Verwendung derartiger Massen für Kautschukbeläge ist darauf zu achten, daß das Lösungsmittel nicht Terpentin ist, da es, wie erwähnt, Kautschuk an der Oberfläche leicht oxydiert, so daß der Belag allmählich hart und brüchig wird. Selbstverständlich läßt sich die Reinigung und Politur auch in einem Arbeitsgang ausführen. Kombinierte Reinigungs- und Polierpasten können beispielsweise aus Wachs bestehen, das in einer wäßrigen Seifenlösung emulgiert ist, und dem als Abriebmittel gepulverter Bimsstein oder Kieselerde zugefügt wurde.

Charakteristika eines erstklassigen Kautschukbelages

Die vornehmlichen Charakteristika eines Kautschukbelages sollen im folgenden kurz erörtert werden. Dekorative Eigenschaften: Die bereits besprochenen Herstellungsverfahren haben gezeigt, daß Kautschukbeläge aus einer Anzahl einzelner Fliesen verschiedener Form und Größe hergestellt werden können und so jede erwünschte Musterung ermöglichen. Dank der modernen Herstellungsmöglichkeit vulkanisationsbeständiger leuchtender Farben ist es auch möglich, eine nahezu beliebige Zahl von Farben und Schattierungen zu gewinnen, ebenso wie man einfarbige und marmorierte Effekte erzielen kann. Ein Kautschukbelag gestattet daher künstlerische Betätigung und kann unter fachmännischer Hand ein Objekt bemerkenswerter Schönheit werden, wenn entsprechende Farbmischungen, Art der Dekoration und die architektonische Gestalt des Raumes berücksichtigt werden. Die drei angefügten Reproduktionen, die ich dem Entgegenkommen der *Leyland & Birmingham Rubber Co. Ltd.* verdanke, zeigen dies in hohem Maße (Abb. 874 bis 876).

Elastizität. Die elastische Eigenart des Kautschukbelages bedingt, daß er angenehm zu begehen ist und verringert ganz erheblich die Ermüdung einer Person, die beruflich gezwungen ist, am Tage dauernd von einem Zimmer zum anderen zu gehen. Das Ausmaß, in dem Kautschuk Erschütterungen und Stöße absorbiert, macht ihn für Wohn- sowie für Kaufhäuser wertvoll, von besonderem Vorteil ist aber ein Kautschukbelag in Laboratorien oder Institutionen, in denen empfindliche Instru-

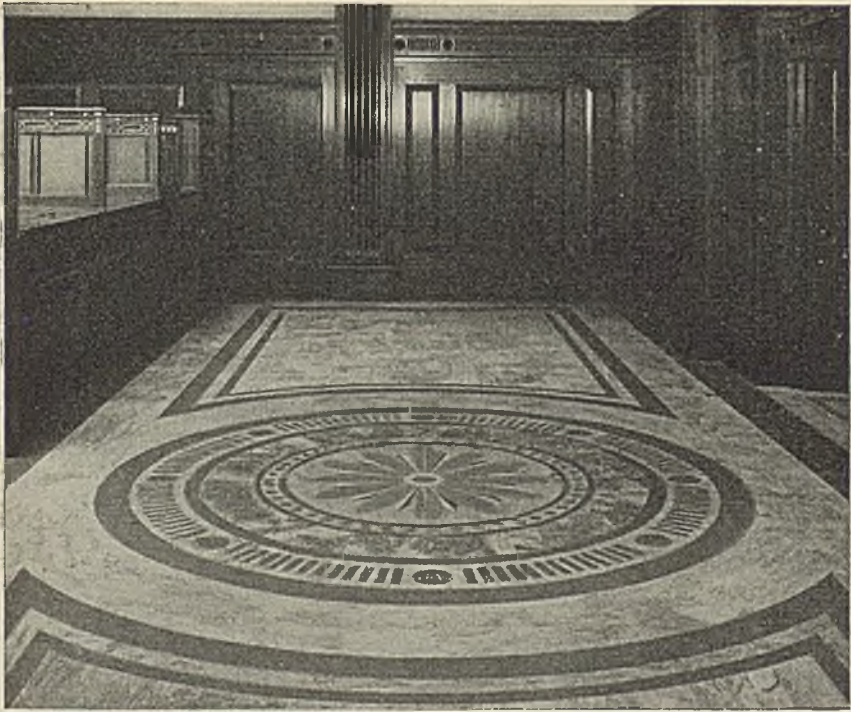


Abb. 874. Currency Commissioners, Dublin

mente Aufstellung finden. Er bewährt sich auch sehr durch die Verringerung der Gefahr einer Beschädigung von Gegenständen, die zufällig zu Boden fallen.

Lärmtötende und akustische Eigenschaften. Wenn auch Kautschukbeläge nicht als ruhig bezeichnet werden können, so verringern sie doch ganz erheblich das Geräusch von Tritten und ähnlichem und werden daher überall dort gerne gesehen, wo möglichst wenig Lärm erwünscht ist, wie beispielsweise in Wohnungen, Büros, Kirchen, Hospitälern, Kinetographentheatern, Musikhallen, Hotelgängen usw.

Außer der Verringerung unerwünschten Lärmes verbessert ein Kautschukbelag die akustischen Eigenschaften eines Gebäudes, indem er zufällige Schallwellen absorbiert. Der Schallabsorptionskoeffizient ist zwar nicht so groß wie der von Teppichen, Filz oder ähnlichen Materialien, er ist aber erheblich größer als der harter Substanzen, wie Marmor, Beton oder Holz. Unsere Erfahrung hat gezeigt, daß Kautschukbeläge auch in Auditorien, in denen übermäßiger Widerhall vermieden werden soll, außerordentlich zufriedenstellende Ergebnisse zeitigen, mit Ausnahme von Hallen mit eigenartiger Gestaltung oder Konstruktion.

Leitfähigkeit für Wärme und Elektrizität. Kautschuk ist sowohl gegen Hitze als auch Elektrizität sehr widerstandsfähig. Die erste Eigenschaft

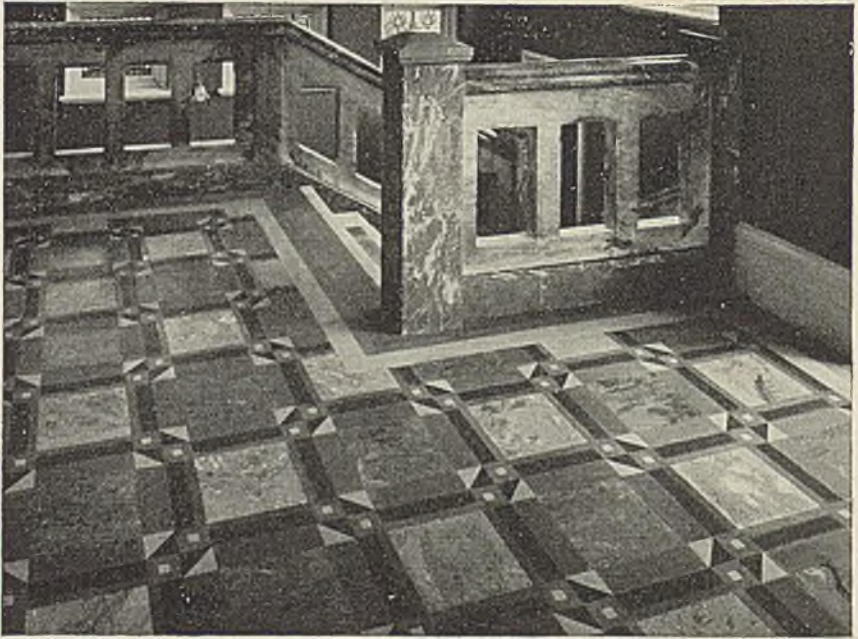


Abb. 875. Royal Hall, Harrogate

erhöht erheblich den durch Kautschukbelag hervorgerufenen Komfort, insbesondere bei kaltem Wetter, da nur sehr wenig Wärme bei Berührung des Körpers mit dem Boden verlorengeht, so daß er sich bei Berührung verhältnismäßig warm anfühlt. Seine hohe dielektrische Konstante macht den Kautschukbelag besonders geeignet für Elektrizitätswerke und andere Gebäude, in denen elektrische Anlagen untergebracht sind.

Widerstand gegen Chemikalien. Mit Ausnahme der am stärksten korrodierenden Substanzen haben Chemikalien auf die Mehrzahl von Kautschukbelägen keinen Einfluß, so daß sie bei geeigneter Auswahl beruhigt in chemischen oder anderen Laboratorien Anwendung finden können. Natürlich müssen in solchen Fällen Farbstoffe, die sich in Berührung mit starken Chemikalien zersetzen, wie beispielsweise das Blau des Ultramarins, ausgeschaltet werden. Diese Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkung gestattet es auch, Kautschukbeläge mit desinfizierenden Stoffen zu waschen, um sie beispielsweise keimfrei zu machen. Dies ist eine für Hospitäler wesentliche Eigenschaft.

Brennbarkeit. Kautschukbeläge sind nahezu nicht brennbar und entzünden sich nur, wenn sie direkt sehr hohen Temperaturen ausgesetzt werden. Unter normalen Bedingungen kann man sie daher als praktisch feuersicher ansehen, weshalb sie auch in allen Arten von Gebäuden zur Herabminderung des Feuerrisikos empfohlen werden.



Abb. 876. Switzers Stores, Dublin

Hygienische Eigenschaften. Da die Oberfläche eines Kautschukbelages glatt und nicht absorbierend ist, verbleibt Schmutz und Staub an der Oberfläche, ohne in das Material selbst einzudringen, und da ferner die engen dichten Verbindungen ein Eindringen von Staub zwischen die einzelnen Fliesen verhindert, läßt sich der Belag ohne Schwierigkeiten völlig reinhalten. Die Reinigung läßt sich ohne Unzulänglichkeiten bewerkstelligen, da der Belag rasch trocknet. Der Belag selbst trägt in keiner Weise zum Staubproblem eines Gebäudes bei, da er gerade gegen Abrieb sehr beständig ist. Die Anwendungsmöglichkeit von desinfizierenden Reinigungsmitteln ist bereits erörtert worden.

Nicht rutschende Oberfläche. Der Friktionskoeffizient eines trockenen Kautschukbelages gegenüber anderen Substanzen, wie z. B. Leder, ist hinreichend groß, um ein Rutschen auszuschalten. Wenn der Kautschuk naß ist, ist zwar die Friktion erheblich vermindert, immer aber noch größer als von den meisten anderen Bodenbelagsmaterialien. Er ist daher zur Vermeidung von Unglücksfällen durch Fall von Bedeutung.

Geruch. Da ein einwandfrei verlegter Kautschukfußbodenbelag geruchlos ist, so kann er ohne Nachteil in Restaurants oder in Räumen, wo Nahrungsmittel gelagert werden, verlegt werden.

Abrieb und Haltbarkeit. Ein Kautschukbelag wird, selbst starkem Verkehr ausgesetzt, auch nach vielen Jahren nur sehr geringe Abnutzung zeigen. Dieser vernachlässigbare Abrieb und die bewundernswerte Haltbarkeit des Materials bedingt, daß ein Kautschukbelag auch viele Jahre nach seiner Verlegung noch in gutem Zustand ist. Dies macht ihn, trotz seines bei Bestellung vielleicht nicht allzu niedrigen Preises, dennoch zu dem heute ökonomischsten Belagsmaterial für Fußböden.

KAUTSCHUKSTRASSEN

VON L. GAISMAN F. I. R. I., AUDENSHAW / MANCHESTER-ENGLAND¹

Seit vielen Jahren haben Kautschuktechnologien versucht, Methoden ausfindig zu machen, um Kautschuk als Straßenbelag anzuwenden. Diese Versuche beruhen auf der Erkenntnis, daß wir im Kautschuk eine Substanz vor uns haben, die auf Grund ihrer Widerstandsfähigkeit im allgemeinen, gegen Abrieb im besonderen, ihrer ruhigen Oberfläche und ihrer einzigartigen vibrationsabsorbierenden Eigenschaften für jegliche Art von Fahrzeug einen idealen Straßenbelag ergeben mußte. Die in den letzten Jahren ausgeführten Versuche haben nun zu einer erfolgreichen kommerziellen Anwendung geführt. Wir wollen im folgenden die Geschichte des Kautschukpflasters, die Probleme die der Techniker hierbei zu lösen hatte, die Besonderheiten, die mit dieser neuen Anwendung verbunden sind, besprechen und die verschiedenen Arten von Kautschukblöcken erörtern. Bevor wir jedoch auf das eigentliche Thema eingehen, erscheint es zweckmäßig, die Geschichte des Straßenbaues selbst kurz zu beleuchten.

Seit den Tagen des Saumpfades und des steingepflasterten Weges für Fußgänger und Lasttiere hat die Straßenkonstruktion außerordentliche Fortschritte zu verzeichnen.

In der vorrömischen Geschichte gab es nichts Besseres als gewöhnliche Saumpfade. Erst später haben die Römer Straßen eingeführt, die nach einem festgelegten Plan erbaut wurden. Nach Verfall der römischen Macht haben jedoch die Sachsen sich wieder dem alten System zugewandt, d. h. sie haben sich darauf beschränkt, Straßen für lokale Bedürfnisse zu bauen und haben den Gedanken der Römer, durchgehende Straßenzüge, die vornehmlich militärischen Zwecken dienen sollten, zu bauen, aufgegeben. Die Sachsen haben des weiteren das System eingeführt, den Landeigentümer für die Erhaltung und Ausbesserung des seinem Land angrenzenden Straßenstückes verantwortlich zu machen.

Ungefähr um die Mitte des 17. Jahrhunderts befanden sich die Straßen Englands bereits in außerordentlich schlechtem Zustand. Später erfolgte die Einführung der sogenannten Straßenmaut, wodurch der Benutzer der Straßenzüge für die Erhaltung der Straßen beitragspflichtig wurde. Dieses Prinzip ist kürzlich in England, wenn auch in etwas modifizierter Form, durch die Auferlegung der Kraftfahrzeugsteuer wieder eingeführt worden.

Im 18. Jahrhundert erfolgte der erste große Fortschritt auf dem Gebiete des Straßenbaues durch die Erfindung von M a c a d a m. Dieses Verfahren bewährte sich außerordentlich, bis der Aufstieg des Kraftfahrzeugverkehrs die Konstruktion staubfreier Straßen erforderlich machte.

Diese Umwälzung führte zu weitgehender Forschungsarbeit und zu

¹ Übersetzt von E. A. Hauser

einer großen Anzahl von Versuchen, mit dem Ergebnis, daß heute geeerte Macadamstraßen und Straßen mit bituminöser Oberfläche die übliche Konstruktion für Verbindungsstraßen zwischen Städten und Ortschaften darstellen. In den Städten selbst haben wir drei Hauptgattungen von Pflasterung, und zwar Asphalt, Holz- oder Steinpflaster, und außerdem werden heute manche Fahrstraßen aus Beton hergestellt. Vom Standpunkt der Kautschukstraße sind die Erfordernisse von besonderem Interesse, die an eine Stadtstraße gestellt werden müssen, um der außerordentlich hohen Beanspruchung des modernen Verkehrs gerecht zu werden.

Wir wollen zu diesem Zweck erst einmal die heute üblichen Pflasterungen betrachten. Die Steinpflasterung besteht entweder aus Granit oder Sandstein. Es ist eine sehr dauerhafte Art des Straßenbaues, die in Städten, in denen noch viel Pferdefuhrwerk vorhanden ist, für die Hufeisen einen guten Halt ermöglicht, da die letzteren durch entsprechende Ansätze zwischen den einzelnen Steinen guten Halt finden. Der dieser Art von Pflasterungen anhaftende Nachteil ist der fast unerträgliche Lärm. Es ist praktisch ausgeschlossen, in einer Straße, die mit Steinpflaster versehen ist, im Gehen ein Gespräch zu führen.

Asphaltoberflächen bestehen im allgemeinen aus zerkleinerten Steinen, Splitt oder in manchen Fällen auch aus Klinker, der durch das Bitumen als Kittmasse zusammengehalten wird. Der Belag selbst unterscheidet sich durch die Verschiedenheit der Zusammensetzung und der Dicke des Auftrages. Asphalte geben gut brauchbare Oberflächen, haben jedoch den Nachteil des Lärmes, wenn derselbe auch geringer als bei Steinpflaster ist. Besonders laut sind diese Straßenbeläge unter dem Gehämmer der Pferdehufe, stahlbandbereifter Räder, leerer oder zu locker bepackter Fuhrwerke. Natürlicher Felsenasphalt weist ähnliche Eigenschaften auf.

Holzpfaster gab und gibt sehr unterschiedliche Ergebnisse. In manchen Städten war ihm kein Erfolg beschieden. Ob dies auf atmosphärischen Ursachen beruht, kann ich nicht sagen. In den Städten, in denen dasselbe Anwendung findet, besteht die Gefahr, daß das Pflaster bei Eindringen von Wasser unter die Blöcke sich hebt und »schwimmt«, wodurch vielen Städten und Ortschaften schon Unannehmlichkeiten erwachsen sind und noch erwachsen. Bei starkem Verkehr ist es üblich, die Holzoberfläche mit Sand oder Kies zu bestreuen. Die über den Kies fahrenden Fahrzeuge zermalmen denselben bis zu einem gewissen Grade und drücken ihn in die Holzoberfläche ein. In einigen Teilen von London ist der Holzblock beispielsweise vornehmlich nur als Träger des in ihn auf obige Weise eingebetteten Steines aufzufassen. Unter bestimmten Bedingungen ist Holz außerordentlich rutschig, ja es wird vielfach der Standpunkt vertreten, daß es diesbezüglich weniger verläßlich als Asphalt wäre.

Betonstraßen haben bis jetzt vornehmlich in Vororten und auf Hauptverbindungsstraßen Anwendung gefunden, doch scheinen sie seit ganz kurzer Zeit auch als Stadtstraßen Verwendung zu finden. Eine ideale Oberfläche für Betonstraßen ist bis heute jedoch noch nicht gefunden worden.

Obwohl die erwähnten Materialien ausgezeichnete Eigenschaften aufweisen, kann man positiv behaupten, daß keines derselben aus den folgenden Gründen als ideale Straßenoberfläche bezeichnet werden kann.

Vom Standpunkt des Straßenbauingenieurs: eine Straße, die lange Lebensdauer ohne Reparatur aufweist, ist billig und gibt zu keiner Klage Anlaß; vom Standpunkt des Anwohners: eine Straße, die ruhig ist, Erschütterung absorbiert, lange hält und weder Staub noch Schmutz verursacht; vom Standpunkt des Lenkers eines Pferdefuhrwerkes: glatte Oberfläche, auf der seine Pferde nichtsdestoweniger guten Halt haben; vom Standpunkt des Kraftfahrzeugfahrers: eine glatte aber dennoch nicht rutschende Oberfläche.

Diese so unterschiedlichen Erfordernisse führen uns von den alten Typen der Straßenpflasterung weg und bringen uns zu dem einen Naturprodukt, das, richtige Behandlung vorausgesetzt, in der Lage ist, alle Ansprüche zu erfüllen, nämlich dem »Kautschuk«.

Erstens ist eine Verringerung des Lärmes in erstaunlichem Ausmaß zu verzeichnen. Es sei mir hier gestattet, darauf hinzuweisen, daß die Auffassung derer, die andere Pflasterarten propagieren, falsch ist, wenn sie behaupten, daß Kautschukstraßen aus dem Grund überflüssig seien, weil in absehbarer Zukunft alle Fahrzeuge ohnehin Luftreifen besitzen werden.

Dr. John Mackenzie hat vor einiger Zeit in einem Vortrag vor der Londoner Gesellschaft folgendes gesagt: »Es besteht kein Zweifel, daß der störende und oft irritierende Lärm, den wir zu ertragen haben, eine moderne Entwicklung ist, denn unsere Zivilisation ist lärmend und je weiter sie fortschreitet, desto mehr wird sie lärmend.« Er fährt dann fort: »In den letzten Jahren hat sich in New York eine Kommission mit der Ergründung der Ursachen dieses Problems befaßt, denn die Plage des Stadtlärmes ist auf der ganzen Welt zu spüren. In unseren Tagen zunehmender Geschwindigkeit müssen wir mit zunehmendem Lärm rechnen. Es ist daher verständlich, daß man überall beginnt, sich gegen diesen aufreibenden Faktor des Lebens zu wehren.« Das erste Problem, das diese amerikanische Kommission in Angriff nahm, war die meßbare Erfassung der Lärmintensität, um die relative Höhe des Lärmes zahlenmäßig festlegen zu können. Dies geschah durch Messung der Lautstärke in Intensitätseinheiten. Die Einheit stellt den geringsten Lärm dar, den ein normales menschliches Ohr zu erfassen im Stande ist; diese Einheit erhielt die Bezeichnung »Decibel«. Folgende Zahlen werden angegeben: Eine Untergrundbahn oder Expresß ergibt bei seiner dröhnenden Durchfahrt durch eine Station 94 Decibel. Starker Donner erreicht 70 Decibel, wohingegen ein vorbeifahrender Lastwagen oft 77 Decibel ergibt. Die Kommission stellte fest, daß üblicher Verkehrslärm verkehrt proportional zur Straßenbreite ist, d. h. in schmalen Straßen zunimmt. Sie errechnete, daß die menschliche Stimme in belebten Straßen die Stärke des Brüllens eines Tigers, d. h. 75 Decibel erreichen muß, um hörbar zu sein. Nach genauem Studium des Effektes, den Lärm auf die Gehöreigenschaften ausübt, kommt Dr. Mackenzie zu der Auffassung, daß bei weitem der größte und nachhaltigste Schaden das Gehirn und das Nervensystem betrifft, indem er ablenkt, so daß mehr Energie zur

Konzentration aufgebraucht wird. So verursacht Lärm indirekt auch Ermüdungserscheinungen. In derselben Sitzung bemerkt Colonel Mervyn O'Gorman, nachdem er über Hupen, Getriebelärm usw. gesprochen hatte, »die ärgste aller Lärmerscheinungen ist keine der vorerwähnten. Es ist vielmehr das Kreischen, Schlagen und Gerattel resonanter oder leicht bepakter Fahrzeuge, wenn sie über Straßen mit schlechter Oberfläche fahren. Die Ursache ist nicht allein die Straße und nicht allein das Fahrzeug, sondern beide. Wo Luftreifen Anwendung finden, ist bis zu 70% bei den Straßenbehörden zu suchen, da 70% des Lärmes der Beschaffenheit der Straßenoberfläche zuzuschreiben ist. Handelt es sich aber um Eisenreifen oder um überbelastete Fahrzeuge mit massiver Gummibereifung, so ist das Verhältnis umgekehrt.«

Ein weiterer großer Vorteil des Kautschukpflasters ist seine Eigenschaft, Erschütterungen in hohem Ausmaß zu absorbieren. Das Problem der Erschütterung, wie sie durch starken, raschen und schweren modernen Verkehr verursacht wird, ist ein Problem unserer Tage, an dem kein Straßenbauer mehr vorübergehen kann. Es greift sein Straßendament ebenso an, wie die Untergrundanlagen für Wasser, Gas und Kanalisation; es greift die der Straße benachbarten Gebäude so stark an, daß Sprünge in den Wänden festgestellt werden konnten und in vielen Fällen greift es in die Behaglichkeit und Gesundheit des Bewohners oder des Mannes ein, der in den an der Straße liegenden Gebäuden beschäftigt ist.

Die Frage, inwieweit Kautschuk die Erschütterung absorbieren kann, war Gegenstand sehr eingehender wissenschaftlicher Beobachtungen und hat zu außerordentlich zufriedenstellenden Ergebnissen geführt. Die Versuche, die mit verschiedenen Instrumenten ausgeführt wurden, haben ergeben, daß Kautschuk im Vergleich zu einer harten nicht nachgebenden Straßenoberfläche 75% der Erschütterung in sich aufnimmt. Ich bin überzeugt, daß die Ergebnisse noch überzeugender ausfallen werden, sobald wir in der Lage sind, die Versuche auf Arealen anzustellen, die ganz mit Kautschuk belegt sind, anstatt wie jetzt auf Flächen, die direkt an andere Arten der Pflasterung anstoßen. Die Frage der Erschütterung ist zumindest von gleicher Bedeutung wie das Problem des Lärmes, und es sei daher gestattet, im folgenden das Ergebnis von Erschütterungsversuchen mit der Erlaubnis der Rubber Roadways Ltd. und dem National Physical Laboratory, London, wiederzugeben:

Vibrationsversuche

Ende des Jahres 1929 beantragte die Rubber Roadways Ltd., London, die Ausführung von Erschütterungsversuchen in Zusammenhang mit von ihr als Demonstrationsflächen verlegten Kautschukstraßenstücken in der Market Street, Newcastle, und in Buchanan Street, Glasgow. Die Versuche wurden vom National Physical Laboratory und von Herrn Pollard Digby, M. I. Mech. E., M. I. E. E., Cons. E. ausgeführt. Beide Prüfstellen bedienten sich verschiedener Arten von Instrumenten, die eine eines Apparates, der die Erschütterung nur in vertikaler Ebene erfaßte, die andere eines Instrumentes, das sowohl vertikale als auch horizontale Erschütterung messen ließ. Die Beobach-

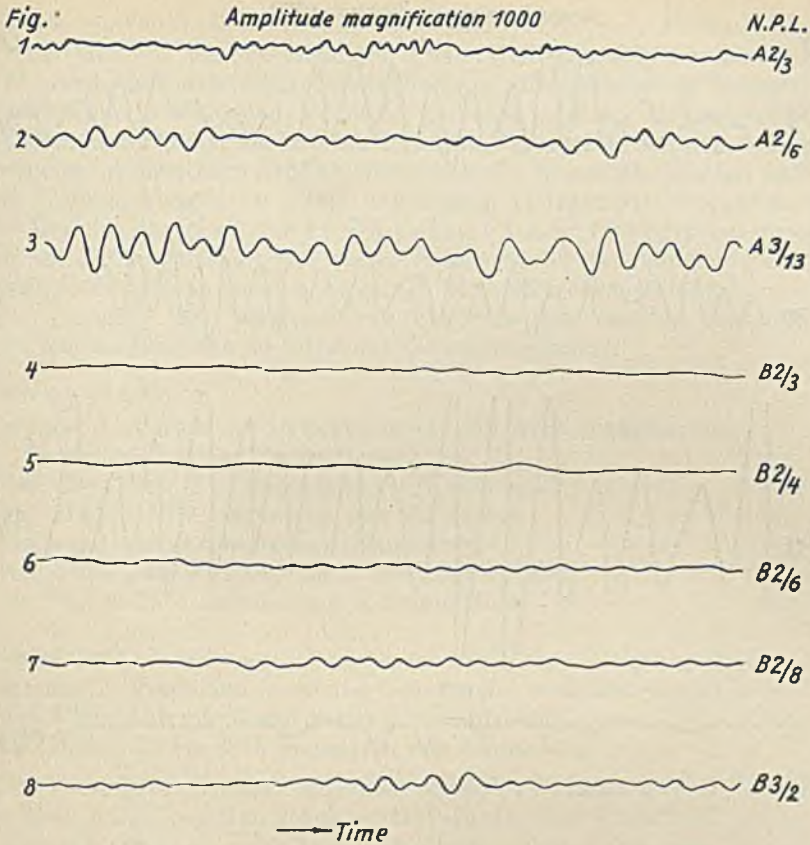


Abb. 877a. Vibrationsunterschied an benutztem Holzpfaster und (Gaisman) Kautschukpfaster in Newcastle bei verschiedenen Geschwindigkeiten (kontrollierter Verkehr)

Fig. 1	auf Holzpfaster	7,5 Meilen/Stunde	maximale Amplitude	0,11
" 2	" "	8,8	" "	0,16
" 3	" "	12,6	" "	0,35
" 4	" Kautschukpfaster	5,8	" "	0,05
" 5	" "	6,2	" "	0,07
" 6	" "	7,75	" "	0,10
" 7	" "	10,2	" "	0,125
" 8	" "	10,25	" "	0,2

Aufzeichnung horizontaler Vibration, bei den anderen handelt es sich um vertikale.

tungen wurden unter gleichen Bedingungen an derselben Stelle vorgenommen. Die Daten wurden sowohl von kontrolliertem als auch unkontrolliertem Verkehr aufgenommen. Col. T. H. Chapman, beratender Straßenbauingenieur der Rubber Roadways Ltd., stellte in seiner Analyse der Berichte fest, daß zwar unter Berücksichtigung der Bedingungen unter denen die Versuche ausgeführt wurden, Diskrepanzen in den Ergebnissen vorliegen, daß man jedoch bei richtiger Anordnung der Ergebnisse und bei Hintanlassung zweifellos unregelmäßiger

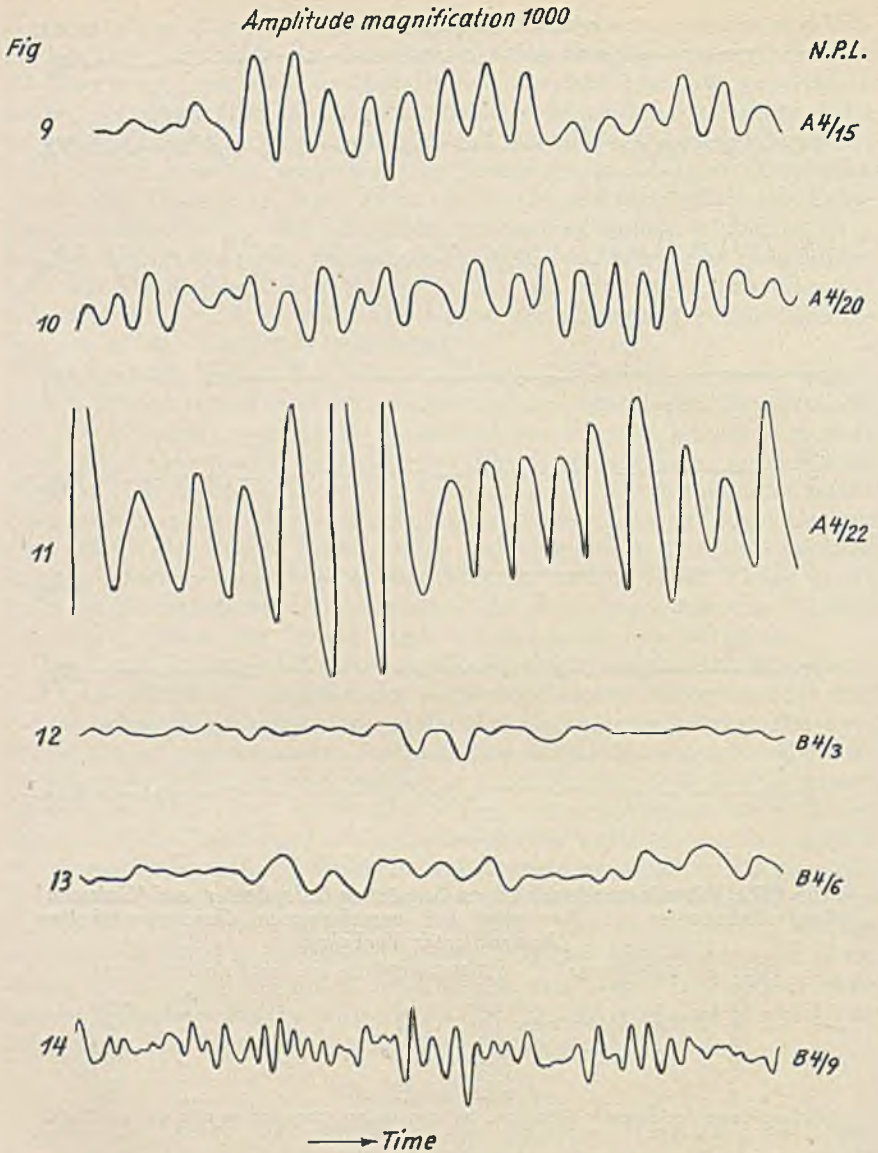


Abb. 877b. Verschiedene Vibrationen an stark beschädigtem und teils eingedrücktem Holzpflaster und neuem Holzpflaster in Newcastle bei verschiedenen Geschwindigkeiten auf Station B (kontrollierter Verkehr)

Fig. 9	auf sehr stark abgenutztem Holzpflaster	bei	8,9	Meilen/Stunde	maximale	Ampl.	1,11
" 10	" " " "	"	9,9	"	"	"	1,18
" 11	" " " "	"	12,0	"	"	"	3,70
" 12	" neuem Holzpflaster	"	7,0	"	"	"	0,375
" 13	" " " "	"	9,45	"	"	"	0,4
" 14	" " " "	"	13,8	"	"	"	0,9

Daten einen Durchschnitt erhält, der keinen Zweifel über die tatsächliche Erschütterung in den untersuchten Pflasterteilen zuläßt. Im September 1929 wurde auf den alten Straßenbelägen (Holzpflaster in Newcastle, Granitsteine in Glasgow) Versuche gemacht, und im Dezember 1929, nachdem das Pflaster durch Kautschukpflaster ersetzt worden war, die Versuche an denselben Stellen wiederholt. In Newcastle wurden außerdem Untersuchungen an altem und neuem Holzpflaster vorgenommen. Der Bericht des National Physical Laboratory beschränkt sich auf die Angabe der geleisteten Arbeiten und der beobachteten Ergebnisse. Vergleiche wurden vorgelegt, Schlußfolgerungen jedoch hieraus nicht gezogen. Das vergleichende Ergebnis der Berichte durch Col. Chapman führt ihn zu folgender Zusammenfassung:

Newcastle:

Station A: Vergleiche zwischen Holz- und Kautschukpflaster.

Unterschied in der Erschütterung.

Nat. Phys. Lab. 2 : 1 zugunsten von Kautschuk.

Mr. Digby: 70% zugunsten von Kautschuk.

Station B: Altes und neues Holzpflaster.

Nat. Phys. Lab. 2 : 1 zugunsten von neuem Holz.

Mr. Digby: 45% zugunsten von neuem Holz.

Glasgow:

Station C: Vergleiche zwischen Granitstein- und Kautschukpflaster.

Nat. Phys. Lab.: 3 : 1 zugunsten von Kautschuk.

Mr. Digby: 70 bis 80% zugunsten von Kautschuk.

Die Verringerung in den schweren primären Geräuschen des Verkehrs war überall dort, wo Kautschuk verlegt worden war, auffallend.

Col. Chapman stellt fest, daß die Ergebnisse nur approximative Schlüsse zulassen. Es ist jedoch bekannt, daß die Verringerungen, die sich bei Verlegung von neuem Holzpflaster ergeben, nur für kurze Zeit anhalten, wohingegen dieselben bei Anwendung von Kautschukpflaster von Dauer sind, da die erstere nur auf der glatten Oberfläche, die letztere aber auf dem Charakter des Materials beruht.

Im folgenden ist eine Auswahl der Photographien und Diagramme wiedergegeben, die im Zusammenhang mit der kurzen Zusammenfassung der Versuche zweifellos von Interesse sein dürfte. Es mag auch von Interesse sein, festzustellen, daß kürzlich die Mehrzahl der Hauseigentümer in der Lombard Street in London, wo derzeit sich eine Anzahl von Banken im Neubau befinden, die Stadtverwaltung ersuchte, die Straße mit Kautschuk pflastern zu lassen und sich auch bereit erklärte, nicht unerhebliche Kostenzuschüsse zu leisten. Dieses Beispiel sollte auch von anderen Hauseigentümern als Versicherung gegen frühzeitige Entwertung ihres Grundbesitzes befolgt werden.

Die Lärm und Erschütterung absorbierenden Eigenschaften von Kautschukstraßenbelägen machen dieselben im besonderen für Brücken und Tunnels wertvoll (Abb. 877).

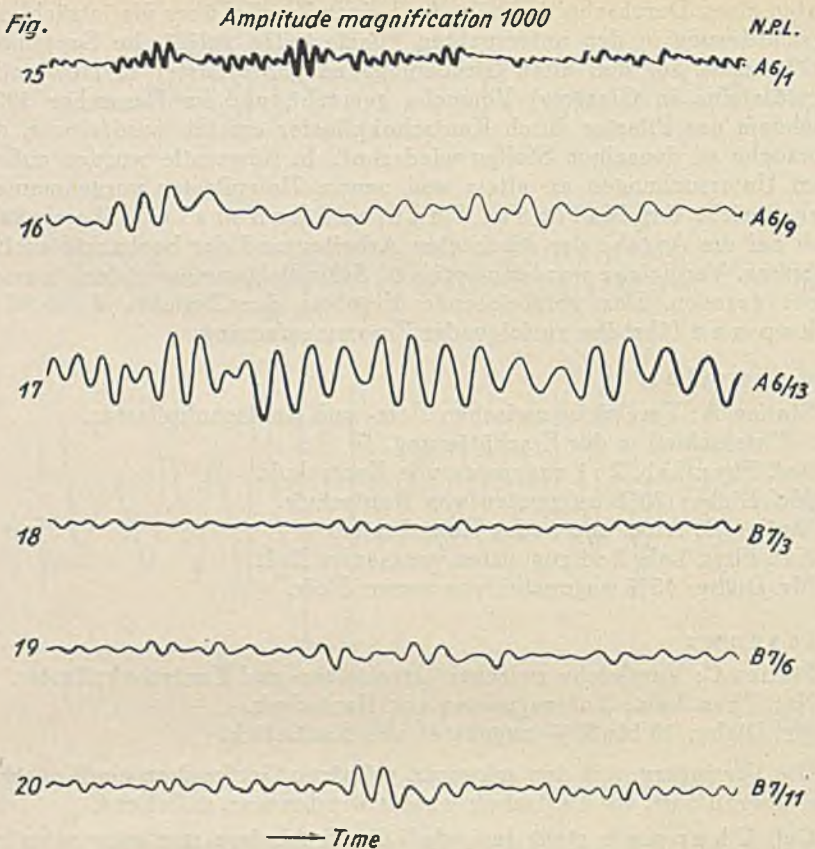


Abb. 877c. Verschiedene Vibrationen an gutem Granitpflaster und Kautschuk-(North British)-Pflaster in Glasgow bei verschiedenen Geschwindigkeiten auf Station C, mit kontrolliertem Verkehr

Fig. 15	Granitpflaster	bei 5 Meilen/	Stunde	maximale	Amplitude	0,3
" 16	"	" 10	"	"	"	0,44
" 17	"	" 15	"	"	"	0,76
" 18	Kautschukpflaster	" 5	"	"	"	0,125
" 19	"	" 10	"	"	"	0,15
" 20	"	" 15	"	"	"	0,4

Ein weiterer Vorteil des Kautschukpflasters ist der Umstand, daß es staubfrei ist und somit auch keinen Schmutz verursacht. Diese Eigenschaft besitzt keine andere Art von Pflasterung.

Der vierte große Vorteil des Kautschuks ist, daß er die einzige Oberfläche ergibt, die weder geteert, gesandet, noch mit Kies bestreut werden muß.

Als fünfter Vorteil sei erwähnt, daß Kautschuk am wenigsten schlüpfrig ist. Dies gilt für jedes Wetter, wie durch entsprechende Versuche und in der Praxis bewiesen werden konnte. Auf Grund von Versuchen hat Major R. G. H. Clements, M. Inst. G. E., in seinem Vortrag »The

Evolution of Road Surfaces«, den er am 14. Dezember 1927 vor der Royal Society of Arts in London hielt, folgende Zahlen für Friktionskoeffizienten der wichtigsten Straßenoberflächenmaterialien angegeben:

1. Kautschuk auf Kautschuk 0,693
2. Kautschuk auf geteerten Oberflächen (inbegriffen sind gespritzte, Mörtel- oder Teer-Macadam) 0,494
3. Kautschuk auf Bitumen (inbegriffen sind sämtliche Arten von Asphalt oder mit Bitumen behandelte Oberflächen) 0,597
4. Kautschuk auf Holzblockpflaster 0,590
5. Kautschuk auf Beton 0,486

In der Praxis liegt die Tatsache vor, daß Kautschukpflaster in einigen Straßen schon über 6 Jahre liegt und noch nicht eine einzige Beanstandung oder Beschwerde eingelaufen ist.

Als sechster Vorteil sei erwähnt, daß die Oberfläche der Straße in der für den vorgesehenen Zweck besonders geeigneten Schattierung hergestellt werden kann. Auch ist es beispielsweise bei Straßentunnels, die beleuchtet werden müssen, von Bedeutung, daß die Oberflächenfarbe so beschaffen ist, daß sie für das jeweils angewandte Beleuchtungssystem maximale Ergebnisse zeitigt. Die Kautschukoberfläche kann, wenn erwünscht, in den lichtesten Schattierungen von Grau oder Creme hergestellt werden. Es ist auch unschwer möglich, eine durchlaufende Linie verschiedener Färbungen zwecks Trennung des raschen vom langsamen Verkehr zu verlegen.

Diese sechs Vorteile der Kautschukstraße dürften an sich ausreichen, um die Behauptung aufzustellen, daß Kautschuk überall dort als Standard der Pflasterung Anwendung finden wird müssen, wo in den Städten die Konzentration des Verkehrs unerträglichen Lärm oder Erschütterungen hervorruft, und wo wertvolle alte, historische und auch neue Gebäude einen entsprechenden Schutz erfordern.

Wenn man weiterhin noch auf Grund eingehender Erfahrungen mit Kautschuk davon überzeugt ist, daß seine Haltbarkeit alles was bisher hergestellt werden konnte, übertrifft und überdauert, muß man dem Kautschukpflaster eine große Zukunft voraussagen. In Kürze wird neben der Absorption von Lärm und Erschütterung, dem hygienischen Vorteil, der nicht rutschenden Eigenschaften, der Farbe usw. auch der Beweis erbracht sein, daß Kautschukstraßen in bezug auf Haltbarkeit alle anderen bisher bekannten Straßenbeläge überdauern.

Die ersten Versuche mit Kautschukstraßenpflasterung waren entweder völlig erfolglos oder nur teilweise befriedigend, und es erforderte sehr viel an Forschung und Versuchen, um heute die Behauptung aufstellen zu können, daß Kautschukstraßen ein voller und von anderen Substanzen nicht erreichbarer Erfolg sind.

Jeder Kautschuktechnologe wußte, daß Kautschuk eine ideale Straßenoberfläche ergeben müßte, aber es war ein schwieriges Problem, diesen Straßenbelag auf einer nicht nachgiebigen Grundlage so zu befestigen, daß

er sich von dieser nicht mehr löste, und daß keine Zerreibung zwischen den beiden stattfand. Ist die Laufflächenmischung so zusammengesetzt und vulkanisiert, daß sie hart und unelastisch wird, gehen die besten Eigenschaften des Kautschukpflasters, die Verringerung des Lärmes und der Erschütterung, verloren. Ist die Lauffläche zu elastisch, so daß sie sich unter dem Verkehr zu sehr bewegt, so können leicht Schwierigkeiten in den Verbindungen entstehen, da hier Zerreibung durch Friktion zu befürchten ist. Die Zermürbung würde auch dadurch noch erhöht werden, daß die größere Bewegung an der Oberfläche eine allzu große Spannung in der Masse bedeuten würde. Die Konstruktion des Blockes muß deshalb derart sein, daß ein »Kriechen« vermieden wird, ein Fehler, der vielfach bei den ersten Versuchen auftrat. Die Verbindungen zwischen den einzelnen Blöcken müssen dauernd wasserdicht sein, ein Punkt von großer Bedeutung, da ein Durchsickern von Wasser in den Untergrund sehr bald zu Unannehmlichkeiten führen würde. Die Lauffläche muß gegen Abrieb und Einriß äußerst widerstandsfähig sein. Gerade in diesem Punkt mußte erst viel Erfahrung gesammelt werden, da hier nur die an verschiedenen Mischungen in der Praxis gesammelten Beobachtungen zu fortschrittlichen Ergebnissen führen konnten. Ebenso wie auf dem Gebiet des Luftreifens ist zu erwarten, daß wir auch weiter mit Verbesserungen in den oben erwähnten Eigenschaften rechnen dürfen.

Außer den technischen Schwierigkeiten, die die Herstellung einer Kautschukstraße betreffen, müssen auch noch die Schwierigkeiten im Verkauf einer solchen Straße erwähnt werden, insbesondere wenn man sie in Vergleich stellt zum Verkauf irgendeines anderen Kautschukproduktes. Wir wollen zuerst die Umstände betrachten, die sich vom Standpunkt des Kautschukfabrikanten als gänzlich neues Problem kennzeichnen. (Die folgenden Angaben beziehen sich ausschließlich auf in England vorherrschende Bedingungen.)² Der Fabrikant oder Straßenbauunternehmer hat es nicht mit einer einzelnen Person zu tun, die den Gegenstand für eigene Rechnung und Gebrauch kauft, auch nicht mit einer Stelle, die die Ware zum Wiederverkauf erwirbt. Er hat es an erster Stelle mit einem behördlichen Organ zu tun — dem Straßenbauingenieur. Dieser wieder ist seiner Stadtverwaltung oder anderen öffentlichen Autoritäten, wie Straßenbaukomitees usw., verantwortlich. Die Straßenbaukomitees haben es im Falle einer Stadt mit der gesamten Stadtverwaltung zu tun, die Stadtverwaltung ihrerseits wieder ist ihren Steuerzahlern gewissermaßen verantwortlich, da diese als ihre Wähler auch ihre Schiedsrichter sind.

Wenn man diese Umstände genau überlegt, wird man erkennen, warum die Einführung eines neuen Straßenbelages eine langwierige und bürdenreiche Arbeit ist. Was geschieht, wenn das Experiment versagt? Der Steuerzahler ärgert sich und kritisiert, seine Stimmen bei den nächsten Wahlen können hierdurch beeinflußt werden, oder das Komitee kann die Einführung des neuen Materials auf Grund der Ein-

² Da außer in England derzeit praktisch in keinem anderen Land der Welt der Bau der Kautschukstraße ernstlich Beachtung gefunden hat, können diese Bemerkungen wohl als allgemein gültig aufgefaßt werden. Der Herausgeber

stellung des Straßenbauingenieurs ablehnen, da er als sein technischer Berater fungiert. Es ist unter diesen Umständen begreiflich, daß es immerhin großen Mut von seiten des öffentlichen Ingenieurs bedarf, um neue Sachen zu erproben. Sicherlich gibt es Straßenkomitees, die sehr fortschrittlich eingestellt sind, und die ihren Fachmann aufmuntern, in die Zukunft zu sehen. Es gibt aber auch solche, die gegen alles Neue mißtrauisch sind, und die es vorziehen, das Versuchsstadium von anderen ausführen zu lassen. Dies bezieht sich nicht nur auf Kautschukpflasterungen, sondern auf jede neue Idee des Straßenbaues. Der langwierige und dornenreiche Weg den wir gehen, ist von all denen bereits begangen worden, die ein neues Material für den Straßenbau zur Einführung bringen wollten. Die Einführung ist langsam und die Erprobungszeit lange. Ich glaube allerdings, daß insofern ein Unterschied vorliegt, als bei Kautschukpflasterungen die ersten Fehlschläge geringer an Zahl waren, als bei den Substanzen, die seither als Standardtypen der Pflasterungen anerkannt worden sind. Nach Auffassung vieler Straßenfachleute kann die Einführung der Kautschukstraßenpflasterung im Vergleich zu anderen Pflasterungen keineswegs als langsam bezeichnet werden. Im Gegenteil, sie stehen auf dem Standpunkt, daß die bisherigen Ergebnisse so zufriedenstellend sind, daß jetzt mit einer raschen Entwicklung gerechnet werden kann.

In Anbetracht der weitgehenden Verantwortung, die die Straßenbaukomitees durch Übernahme der einen oder anderen Methode auf sich nehmen, hat sich ein System von Erhaltungsgarantien und Sicherheitsstellungen ausgebildet, das in England weitgehend angewandt wird. Der Straßenbauunternehmer ist verpflichtet, die Erhaltung für eine Anzahl von Jahren auf sich zu nehmen, d. h. er muß für diese Zeit die Straße in tadellosem Zustand halten und etwaige Reparaturen auf seine Kosten ausführen. Er muß sich ferner in vielen Fällen verpflichten, durch eine oder zwei Sicherstellungen durch Leute, die mit seinem Gewerbe nichts Direktes zu tun haben, die erforderliche Garantie zu geben, falls er selbst nicht in der Lage ist, den Kontrakt einzuhalten.³

Um das Bild zu vervollständigen, muß darauf hingewiesen werden, daß eine große Anzahl von Verkehrswegen als klassifizierte Straßen gelten, für die das Verkehrsministerium in der vergangenen Zeit einen Zuschuß vom Straßenfonds bewilligte, und es gibt Staatsstraßen, für deren Erhaltung zwar die einzelnen Gemeinden verantwortlich sind, denen jedoch auch ein Zuschuß aus obigem Fonds gewährt wird. In solchen Fällen muß die Behörde die Genehmigung ihrer Pläne durch das Verkehrsministerium und durch den Staat einholen. In vielen Fällen müssen die örtlichen Behörden Anleihen aufnehmen, um ihre Arbeit durchführen zu können, um so durch Rückzahlung über eine Anzahl von Jahren eine Budgetüberschreitung in einem Jahr zu vermeiden. Diese Anleihen werden vom Wohlfahrtsministerium auf Vorschlag des Verkehrsministeriums gegeben. Auch in diesem Fall müssen die Vorschläge von sämtlichen Instanzen

³ Derartige Bestimmungen bestehen in den meisten Städten Deutschlands auch für die heute übliche Straßenpflasterung.

genehmigt werden. Alle diese Punkte lassen deutlich die Ursache erkennen, warum die Einführung von Kautschukstraßen gezwungenermaßen viel langsamer sein muß, als die Einführung eines neuen Kautschukartikels zum Verkauf an das Publikum.

Technische Notwendigkeiten zur Herstellung einer guten Kautschukstraße

Vor allem muß die örtliche Behörde für einen guten und festen Betonuntergrund sorgen. Bei Straßen mit sehr schwerem Verkehr ist es heute üblich, den Beton in der Dicke von 12 Zoll zu legen, bevor die Straßenoberfläche aus Holz oder Asphalt aufgebracht wird. Bei Kautschukpflasterungen hat sich ein Betonfundament von 7 Zoll Dicke als ausreichend erwiesen, und es ist anzunehmen, daß die weiteren Versuche ergeben werden, daß eine 6 Zoll starke Betonunterlage, die zweckmäßig mit Stahlgewebe verstärkt ist, ausreichen wird. Eine gute Betonmischung besteht aus 4 Teilen zerkleinertem Stein oder Kies, 2 Teilen reinen scharfen Sand, 1 Teil Portlandzement, die in 1 Zoll Entfernung von der Unterseite mit einem Verstärkernetz (Maschen von 8 Zoll², ein Gewicht von 9 lbs. pro Quadratyard) armiert sein soll. Der Untergrund soll tunlichst glatt sein. Es ist jedoch nicht wünschenswert, ihn zu übergießen, da hierdurch die Gefahr der Bildung einer reinen Zementhaut an der Oberfläche gegeben ist, die leicht zerpulvert.

Das Verlegen der Kautschukblöcke soll erst erfolgen, wenn der Untergrund gut abgebunden und hinreichend hart ist. Vor der Verlegung muß der Fabrikant sich darüber Gewißheit verschaffen, daß Kanalgitter und Mannlöcher usw. sich in richtiger Höhe von der Betonunterlage befinden, damit bei der Verlegung der Blöcke ein ebener Abschluß zwischen diesen Eisenteilen und dem Kautschuk ermöglicht wird. Auch die Straßenwölbung muß überprüft werden, so daß ein Ansammeln des Regenwassers an einzelnen Stellen vermieden wird.

Das nächste Erfordernis, das beim Legen beachtet werden muß, ist völlige Wasserdichtigkeit der Verbindungen. Es ist ein Grundübel jeglichen Pflasters, wenn Wasser bis zur Betonunterlage durchsickern kann, da hierdurch früher oder später Unannehmlichkeiten unvermeidlich werden.

Die Blöcke müssen so konstruiert sein, daß trotz des schweren Druckes oder Zuges, den die Räder der schweren, modernen Verkehrsmittel verursachen, kein wie immer geartetes »Kriechen« möglich ist, da das geringste Ausmaß des Kriechens die Verbindungen zerstört, und zerstörte Verbindungen bedeuten Eindringen von Wasser zur Unterlage. Der Kautschuk muß von bester Qualität sein, da er nicht nur der Zermürbung Widerstand leisten muß, sondern auch ausgesprochenen Einrißwirkungen durch Hufeisen, alten Stahlrädern, Sand oder Kies oder anderen auf die Straße fallenden harten Gegenständen, die dann in den Kautschuk eingedrückt werden, Widerstand leisten muß. Er muß ferner hervorragende Alterungseigenschaften aufweisen, da die Lauffläche auch stärkster Sonnenbestrahlung standhalten muß.

Das Verlegen der Blöcke muß so vorgenommen werden, daß Teile der Straße jederzeit rasch und ohne Verletzung der Blöcke aufgenommen werden können, wenn Reparaturen im Untergrund erforderlich sind. Es ist ja üblich, daß unter den Straßen Gas und elektrische Hauptleitungen, Wasserleitungen und Kanalisation geführt werden. Von Zeit zu Zeit müssen die betreffenden Gesellschaften, die für die Erhaltung dieser Leitungen verantwortlich sind, auf dem Aufreißen der Straße bestehen, um Reparaturen ausführen oder Leitungen erneuern zu können. Es ist in solchen Fällen auch üblich, dem Straßenbauunternehmer für das Aufnehmen der Straße nur sehr kurze Zeit zur Verfügung zu stellen, ebenso wie er dieselbe dann wieder rasch befahrbar gestalten muß. Mit Blöcken, die als einzelne Einheiten aufzufassen sind, läßt sich dies rasch bewerkstelligen. Im allgemeinen genügt es, einen Block zu zerstören, worauf die anderen Blöcke aus ihrer Lage gehoben werden können, um dann wieder bei der neuen Verlegung verwendet werden zu können. Es ist aber schwer zu verstehen, wie dies zufriedenstellend und billig ausgeführt werden kann, wenn man ineinandergreifende Blöcke verwendet, oder wenn es sich um Blöcke handelt, die in Beton eingelegt und auf ihm abgebunden haben, und somit mit dem Unterbau fest verbunden sind.

Fabrikanlage zur Herstellung von Kautschukpflasterungen. Allgemein kann man sagen, daß, abgesehen von den besonderen Formen, die für die verschiedenen Typen von Blöcken erforderlich sind, die Anlage zur Herstellung von Kautschukblöcken dieselbe ist wie zur Herstellung üblicher Kautschukwaren, inbegriffen natürlich Mischwalzen, Kalander, hydraulische Pressen und Vulkanisationsöfen.

Die Geschichte des Kautschukpflasters

Mit Genehmigung von Messrs. Rubber Roadways Ltd., 2/3 Idol Lane, Eastcheap, London E. C. 3, gebe ich hier eine kurze Zusammenfassung über die ersten Versuche mit Kautschukpflasterungen aus einer kleinen, von oben genannter Firma veröffentlichten Broschüre wieder:

Die ersten Versuche in London wurden in Borough of Southwark ausgeführt, und wir haben Mr. Arthur Harrison, Ingenieur der Southwark Borough, für seine Mitarbeit und Hilfe zu danken, die zu unserer Erfahrung über die Verwendungsmöglichkeiten von Kautschuk viel beigetragen haben. Der Fortschritt bei Verwendung eines neuen Materiales ist natürlich langsam, und diejenigen, die sich für Kautschukpflasterungen interessierten, haben das Glück gehabt, die verschiedensten Typen von Kautschukblöcken unter modernen Verkehrsbedingungen prüfen zu können. Die Versuche, die Harrison ausgeführt hat, bezogen sich auf die Verlegung von »Dessau-«, »Leyland-« und »Cowper-« Pflasterblöcken. Ein großer Teil der Experimente war durch die Rubber Roadway Ltd. finanziell unterstützt worden. In Zusammenhang mit diesen frühen Versuchen mögen die folgenden Auszüge aus einem Vortrag des Mr. Harrison im Rahmen der International Rubber Exhibition in London im Jahre 1921 von Interesse sein:

Im August 1913 wurde eine kleine Stelle von ungefähr 2 bis 3 Quadratyard an der Kreuzung der Old and New Kent Road mit Hartholzblöcken, die eine Kautschukkappe aufwiesen, verlegt. Der Kautschuk, der in Form einer Kappe von ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke auflag, wies schwalbenschwanzförmige Fortsätze auf, die in entsprechende Vertiefungen in einen Hartholzblock eingepaßt waren. Im Juni 1915 wurden diese Blöcke zwecks Untersuchung wieder herausgenommen. Während dieser Zeit (21 Monate) hatte die Stelle einen Verkehr von ungefähr 190 ts pro Yard Straßenbreite und Stunde auszuhalten gehabt. Keine rutschige Stelle wurde gemeldet, ja, tatsächlich war dies die Stelle der Straße, wo man einwandfreie Abdrücke von Hufeisen immer finden konnte, wohingegen insbesondere bei feuchtem Wetter an anderen Stellen die Hufeiseneindrücke ein Zeichen des Gleitens aufwiesen. Diese Beobachtung war von besonderer Bedeutung, da man bis dahin die Auffassung vertreten hatte, daß Kautschuk rutschig sein würde, und das Schleudern von Fahrzeugen immer begünstigt müßte. Eine Untersuchung auf Abrieb ergab, durch Vergleiche an unbenutzten Blöcken, daß so gut wie gar kein Abrieb nachzuweisen war, wenn auch einzelne leichte Kratzer auf der Oberfläche erkennbar waren.

Als man jedoch die Kautschukkappe vom Holzblock entfernt hatte, stellte man fest, daß sowohl das Holz als auch der Kautschuk an ihren Berührungsflächen schwere Zermürbungserscheinungen aufwiesen. Demzufolge erschien es erforderlich, neuere Konstruktionen und die Art der Verlegung eingehender zu studieren.

Es wurde eine große Zahl von Fabrikexperimenten nach verschiedensten Richtungen ausgeführt, vornehmlich zu dem Zweck, um die Reibung gegen die Unterseite der Kautschukkappe auszuschalten.

Gegen Ende des Jahres 1918 wurde ein neuer Blocktyp hergestellt, bestehend aus einer Kautschukplatte, $\frac{9}{16}$ Zoll dick, 9 Zoll lang, 3 Zoll breit, die auf eine Stahlplatte aufvulkanisiert war. Diese Platte wies acht ungefähr 1 Zoll lange Schnitte auf, so daß vier Ösen gebildet wurden, die die Platte im Beton verankern sollten. In Borough High Street wurde in der Mitte der Straße auf einer Seite der Straßenbahn eine Stelle ausgewählt, von ungefähr 100 Yard Länge, und einer Breite von 3 bis 5 Yard. Der Verkehr, der sich hier sehr rasch abwickelt, betrug ungefähr 240 ts pro Yard Breite und Stunde. Die Verlegung erfolgte im Februar und am 16. März 1920 wurde die Stelle dem Verkehr übergeben. Schon nach kurzer Beanspruchung durch den Verkehr lösten sich mehrere Kautschukplatten von ihrer Stahlunterlage. Sie wurden durch neue Blöcke ersetzt, deren Hartgummischicht eine größere Härte aufwies. Doch schon nach wenigen Monaten hatten sich 15% der Platten wieder von ihrer Unterlage gelöst, woraus sich unzweideutig ergab, daß dieser Typus, trotzdem er sich im Werk erfolgreich bewährt hatte, dem Verkehr tatsächlich nicht standhielt. Ungefähr die Hälfte dieser Fläche wurde dann aufgenommen, und eine Untersuchung der Blöcke ergab, daß sie verschiedene Nachteile aufwiesen, die behoben werden mußten. Die Untersuchung ergab auch einige erstaunliche Ergebnisse über das Verhalten von Kautschuk unter so schweren Beanspruchungen. Dies genügte, um weitere Entwicklungen an-

zuregen, so daß auf Grund der gewonnenen Erfahrungen ein neuer Block konstruiert wurde, bei dem die Stahlplatten durch eine Platte aus Streckmetall, die in Hartgummi eingebettet war, ersetzt wurde. An diese Platten waren wieder Ösen angeschweißt. Mit solchen Blöcken wurde die aufgenommene Fläche neu belegt, so daß die gesamte Strecke nunmehr mit zwei grundverschiedenen Typen belegt war. Am 13. Dezember 1926 wurde sie dem Verkehr übergeben.

Später wurden diese zwei Arten von Pflasterungen entfernt und durch den Leyland-Vollkautschukblock ersetzt. Der eine Teil wurde mit einem Block verlegt, der geschweifte Kanten hatte, der andere mit Blöcken gerader Kanten. Das Experiment wurde durch Verlegung eines weiteren Teiles mit dem Cowper (ineinandergreifenden Vollkautschukblöcken) vervollständigt. Das Ergebnis dieses letzten Versuches war so ermutigend, daß weitere Demonstrationen berechtigt erschienen, über die weiter unten berichtet werden kann.

Leyland-Block. Eine der ersten größeren mit Kautschukpflasterung belegten Fläche wurde bei Fresh Wharf hinter dem Adelaide Haus, London Bridge, verlegt. Es handelte sich hier um eine Fläche von ungefähr 400 Quadratyard. Die Straße beginnt bei Lower Thames Street und endet an der Ecke des Warenlagers. Die Blöcke, die von der Leyland & Birmingham Rubber Co. hergestellt worden waren, sind 8 Zoll lang, 4 Zoll breit, 3 Zoll hoch und weisen vertikale Seiten auf.

Die unteren 2,5 Zoll des Blockes bestehen aus Hartgummi, auf dem eine Weichgummiplatte von 0,5 Zoll Dicke aufvulkanisiert ist. Die Blöcke wurden auf eine Betonunterlage verlegt. Bevor sie jedoch endgültig in ihre Lage gebracht wurden, wurden sie auf ihrer Unterseite und allen Seiten in heißes Bitumen getaucht.

Verschiedene Typen von Kautschukblöcken

Gaisman-Block. Dieser Block wird nach verschiedenen Patenten hergestellt, die sowohl die Herstellung der Unterlage als auch der Kautschukplatte betreffen. Er besteht aus Kautschuk, der auf eine Ziegel- oder Betonunterlage aufvulkanisiert ist. Beide Unterlagen besitzen besonders geformte, schwalbenschwanzartige Einschnitte, in denen die Hartgummilagen des Kautschuks verankert sind. Dieser Block ist seit 1926 in der Prüfung und hat in New Bridge Street, Blackfriars, London E. C., eine sehr schwere Prüfung über sich ergehen lassen müssen, da hier der Verkehr auf 48 500 ts pro Tag geschätzt wird, was bei Einrechnung des Wochenend- und Nachtverkehrs das Gewicht auf 300 000 ts pro Woche bringt.

Die belegte Fläche ist ungefähr 700 Yard². Die Ausmaße des Blockes betragen $10\frac{3}{8}$ Zoll lang, $8\frac{5}{8}$ Zoll breit und $4\frac{1}{4}$ Zoll hoch. Die Blöcke werden mit genau passenden Verbindungsstellen verlegt, die absolut wasserdicht sind, wobei für die Verkittung eine besondere Bitumenmischung Anwendung findet. Sie werden auf ein dünnes über die Betonunterlage gebreitetes Sandbett verlegt. Die Lauffläche ist cremefarbener

Kautschuk. Derselbe Block wurde am Quai de la Rapée in Paris im März 1929 verlegt, wo ebenfalls sehr scharfer Verkehr vorliegt, und eine weitere Fläche von 1000 Quadratyard wurde im September 1929 in der Market Street, Newcastle-upon-Tyne, verlegt. All diese Flächen zeigen einwandfreies Verhalten und haben bisher sehr zufriedenstellende Er-

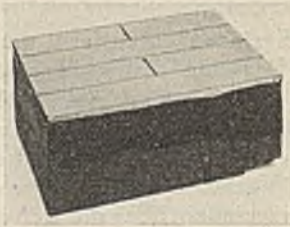


Abb. 878. Gaisman-Block



Abb. 879. Verbesserter Gaismanblock

gebnisse gezeitigt. Die cremefarbene Lauffläche, die zwar der Zermürbung sehr gut widerstand, erwies sich aber als nicht genügend widerstandsfähig gegenüber dem Einreißen unter gewissen Bedingungen. Es wurde daher der »verbesserte Gaisman Paving Block« eingeführt. Er weist an sich dieselbe Konstruktion auf, besitzt nur eine nicht einreißbare Lauffläche, und ist etwas kleiner dimensioniert ($9 \times 4\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2}$ Zoll). Im August 1932 wurden 1254 Quadratyard in der Market Street Huddersfield mit einem verbesserten Gaismanblock verlegt. Die Straße ist in hervorragendem Zustand. Es handelt sich hier um eine Arbeit mit ausschließlicher Verwendung von Kautschuk, da die Zwischenräume zwischen den Blöcken — Kanalgittern und Mannlöchern usw. — mit besonderen Kautschukstücken ausgefüllt wurden. Sowohl diese Straße wie auch New Bridge Street weisen eine starke Wölbung auf, aber die Kautschukblöcke haben sich sowohl dieser wie auch der Straßenabgrenzung gut angepaßt. 200 Quadratyard desselben Blockes wurden im Oktober 1932 in New Bridge Street, Blackfriars, London E. C., verlegt. In Abb. 878 und 879 ist der cremefarbene Block für New Bridge Street und der verbesserte unzerreißbare Gaismanblock, wie er in Huddersfield verlegt wurde, gezeigt.



Abb. 880. Ziegelunterlage des verbesserten Gaismanblockes

Abb. 880 zeigt die Ziegelunterlage, die für den verbesserten Gaismanblock Anwendung findet.

Abb. 881 zeigt die Verlegung von New Bridge Street.

Abb. 882 die New Bridge Street unter Verkehr.

Abb. 883 die Verlegung der Pariser Straße.

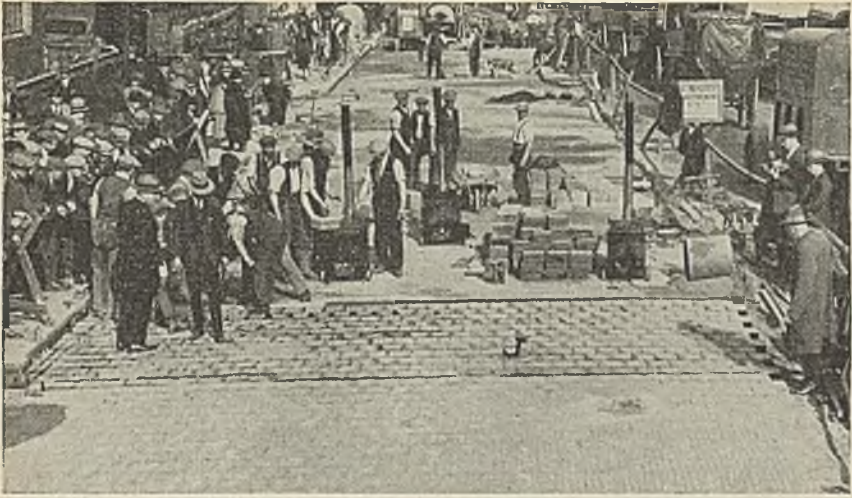


Abb. 881. Verlegung in New Bridge Street

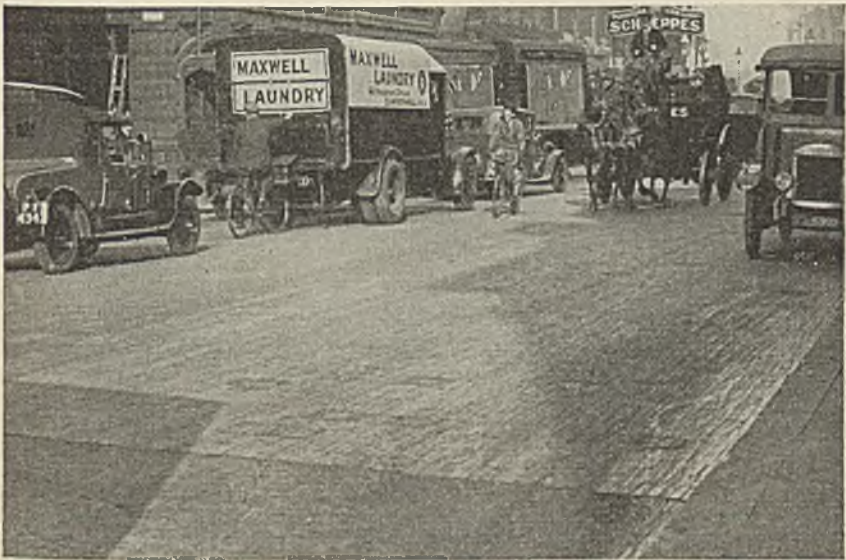


Abb. 882. New Bridge Street nach der Verlegung

Abb. 884 die Straße von Newcastle.

Abb. 885 zeigt die Verlegung der Straße in Huddersfield.

Abb. 886 ist dieselbe Straße nach Übergabe an den Verkehr.

North British Block. Aufbau: Der North British Patent Rubber Roadway Block ist ein geformter Gegenstand mit einer Oberfläche von $9 \times 4,5$



Abb. 883. Verlegung in Paris



Abb. 884. Newcastle

Zoll. Der Kautschukteil besteht aus einer $\frac{7}{8}$ Zoll dicken widerstandsfähigen Weichgummilage mit einer $\frac{7}{8}$ Zoll dicken Hartgummiunterlage. Zwischen beiden ist eine $\frac{1}{4}$ Zoll dicke Kautschukzwichenschicht vorgesehen. Die Oberfläche weist eine Krümmung von $\frac{1}{8}$ Zoll pro Block auf. In den Hartgummitteil des Blockes ist ein mit zwei Nadeln versehener Kranz eingelassen, der zur Verankerung mit dem Beton dient. Der Block wird geformt und vulkanisiert. Der Beton wird an den Block nach der Vulkanisation angeformt. Die Mischung besteht aus 2 Teilen Basalt oder Splitt, 1 Teil Sand und 1 Teil Portlandzement der British Standard Specification. Die Dimensionen des Betonblockes müssen für das Verlegen und Einbetten in die Straße geeignet sein und sind $\frac{1}{8}$ Zoll in der Länge und Breite kürzer als die des Kautschukblockes (Abb. 240).



Abb. 885. Verlegung in Huddersfield



Abb. 886. Huddersfield nach dem Verlegen

Formen auf die Betonunterlage

Unter Umständen ist die Bildung eines kautschukbelegten Blockes mit einer Betonunterlage in einem Stück vorteilhaft. Dies gestattet die Handhabung des Kautschuks und des Betons als eine Einheit ähnlich wie man die Granitpflastersteine handhabt. Es gestattet auch die Blöcke als Einheiten, beispielsweise schon in der Werkstatt des Straßenbauunternehmers vorzubereiten, wodurch dann die Arbeit an der Baustelle vereinfacht wird. Um diese kombinierte Einheit herzustellen, nimmt man den Kautschukteil und legt ihn in eine auseinandernehmbare gefaltete Holzschachtel. Die Schachtel ist mit Bolzen zusammenfügbar und ent-

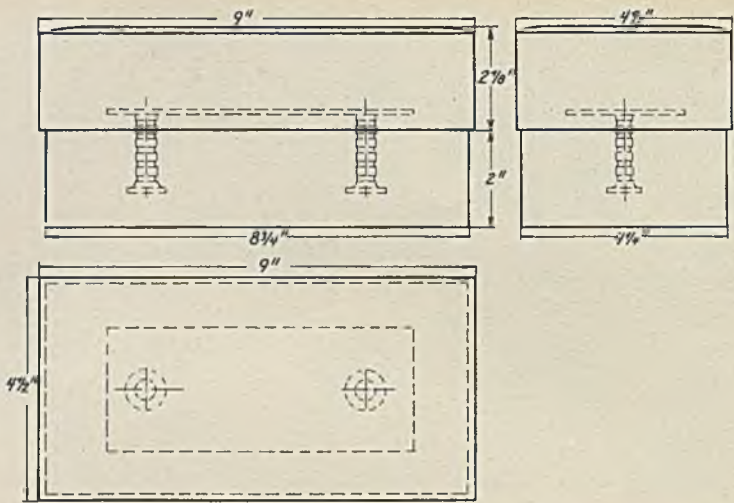


Abb. 887. Schema des North-British Patent Rubber Roadway Block

spricht den Dimensionen, die auf der Abb. 887 angegeben sind. Dann werden die Schachteln umgedreht, so daß der Kautschuk nach unten zu liegen kommt, und werden hierauf mit der angegebenen Zementmischung gefüllt und mit Stahlnadeln zusammengezogen. Bevor der Beton erhärtet ist, wird seine Unterseite aufgeraut, um eine gute Lagerung des Blockes im Sand oder Zement zu gewährleisten. Nach 12 Stunden werden die Schachteln auseinandergenommen, gereinigt und für die weitere Verwendung wieder zusammengesetzt. Der kombinierte Block wird zwecks Austrocknung aufs Lager gelegt (Abb. 888).

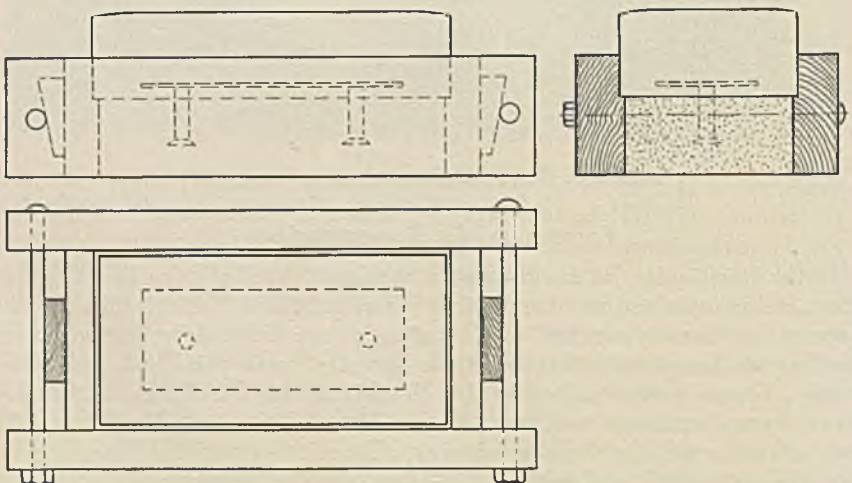


Abb. 888. Herstellung des »North-British« Blockes

Verlegung der Kautschuk-Betonblockeinheit

Der Block soll zu einer Zeit verlegt werden, wo die Betonunterlage der Straße zwar abgebunden, aber noch »grün« ist, nachdem die Betonoberfläche in ungefähr 1 Zoll Dicke mit einer Mischung bestehend aus 1 Teil Zement und 3 Teilen Sand bedeckt wurde. Die Blöcke werden auf diese



Abb. 889. Verlegung von »North-British« Blöcken in Rotterdam

Mischung aufgelegt und in ihre richtige Lage gestampft. Zwischen den Blöcken wird eine kleine Spalte von $\frac{1}{8}$ Zoll Breite durch Einfügen von Holzstäbchen vorgesehen, in die Bitumen oder Pech, vorzugsweise Bitumen eingegossen wird. Diese Masse läuft nun in die so gebildeten Kanäle und verkittet die Blöcke miteinander. Die Straße muß vollkommen abgebunden haben, bevor der Verkehr über sie gehen darf. Abbildung 887 zeigt einen seitlichen Aufriß und Querschnitt des North British Blockes. Abb. 889 zeigt die Vorbereitung der Blöcke in Rotterdam, wo ein Straßenzug im November 1928 verlegt wurde. Man sieht a) das Füllen der hölzernen Formen mit der Zementmasse, links; b) die Entfernung der Holzkistchen und Reinigung der Formen, Vordergrund; c) aufgestapelte Blöcke mit erhärtetem Betonklotz, rechts im Hintergrund. Abb. 890 zeigt die Verkittung der fertigen Blöcke nach Verlegung derselben auf einer Sand-Zementschicht. Abb. 891 zeigt die Verlegung solcher Blöcke am Shandwell Place, Edinburgh. (Man beachte im Vordergrund die kleinere Dimensionierung der Betonunterlage sowie ihre Aufräumung an den Seitenwänden.) Versuchsflächen, bei denen die North-British Blöcke verlegt wurden:



Abb. 890. Verkitten der »North-British« Blöcke



Abb. 891. Edinburgh

Stadt	Straße	Ungefähre Fläche	Verlegungsdatum
Edinburgh,	Shandwick Place	150 Quadratyard	1923
Glasgow,	Buchanan Street	990	1923
"	"	"	1923
Rotterdam	"	400	1928
Bristol,	Victoria Street	278	1930

Der 'North-British-Block' ist auf bestehender Betonunterlage verlegt, eingebettet in eine 1 Zoll dicke Mischung von 3 Teilen Sand zu 1 Teil Zement, schwach gedämpft und leicht in die richtige Ebene eingestampft. Die Verbindungen sind entweder mit heißem Pech oder Zement ausgefüllt.

Cresson-Block. Dieser Block ist eine Erfindung des Mr. L. Cresson in Singapore. Seine Ausmaße sind $9 \times 3 \times 3\frac{3}{4}$ Zoll. Er besteht aus einer harten Unterlage aus zerkleinerten Steinen, Sand und anderen Zusätzen unter Verwendung von Kautschukmilch als Bindemittel. Die Unterlage wird nach Kompression und Trocknung mit einer Kautschukkappe von $\frac{3}{8}$ Zoll Dicke zusammen-

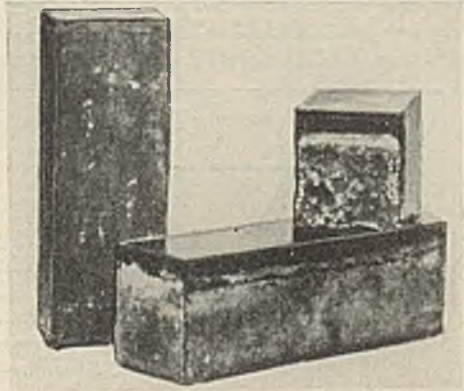


Abb. 892. Cresson-Block

vulkanisiert. Die Unterlage ist außerordentlich hart, dicht und unporös; die Verbindung mit der Kappe ist zufriedenstellend. Die Oberfläche der Kappe ist flach und glatt. Die oberste und unterste Kautschukschicht ist durch eine Hartgummischicht



Abb. 893. Straße mit Cresson-Block

verbunden. In der Croydon Road in Anerley wurde eine Versuchsfläche direkt auf den Betonunterbau verlegt, nachdem die Blöcke vorerst auf ihrer unteren Fläche und den Seiten in »Invicta-Straßenkitt« getaucht worden waren. Eine kleine Fläche dieser Blöcke wurde im Jahre 1922 in

Singapore verlegt und ist heute noch im Verkehr. (Gemäß Mitteilung des Singapore Harbour Board ist sie heute noch vollständig zufriedenstellend.)

Abb. 892 zeigt einen Cresson-Block.

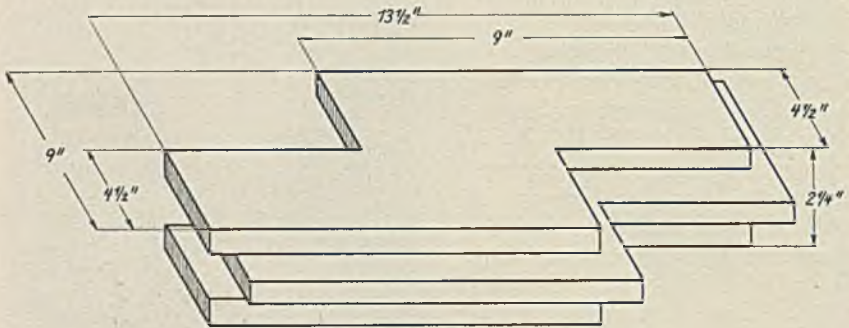


Abb. 894. Sheridan-Cowper Block

Abb. 893 eine Probestraße mit Cresson-Block verlegt.

Sheridan-Cowper Block. Eine Platte im Ausmaß von $9 \times 4\frac{1}{2} \times 21\frac{1}{2}$ Zoll übergreifend (s. Abb. 894). Der Block besteht aus drei verschiedenen Mischungen von Kautschuk gleicher Stärke. Die mittlere Lage ist hart, wohingegen die anderen weicher und zäher sind. Blöcke bzw. Platten halber Größe werden angewandt, um einen geraden Abschluß zu ermöglichen. Die Überschneidung ist vollständig. Die Oberfläche ist durch feine Rillen aufgeraut, um ein Rutschen zu verhindern. Patentinhaber ist J. Sheridan Cowper, 24, Queensberry Place, London SW 7.

Unterlage, Einbettung usw. Die Platten werden direkt auf den Betonunterbau gelegt und in ihre richtige Lage eingestampft. Die Verbindungen werden mit einer versprühbaren Emulsion bestrichen. Die Verbindung ist fest und die Ausdehnung der oberen Kautschuklagen durch den Verkehrsdruck erhöht die Dichtigkeit der Verbindungsstelle. Dieser Block ist am

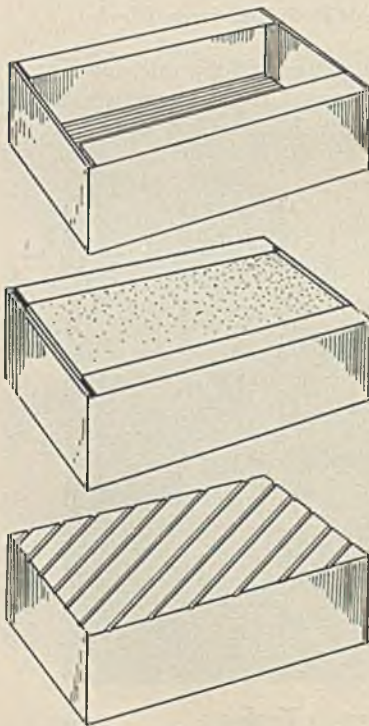


Abb. 895. Dunlopblock

Thurloe Place, South Kensington, London, auf einer Fläche von 300 Quadratyard verlegt. Der Verkehr ist nicht stark, die Straße ist aber nur 24 Fuß, 4 Zoll weit, so daß sich der vorhandene Verkehr dort kon-

zentriert. Außerdem herrscht starker Omnibusverkehr, bis zu 1700 Omnibusse pro Tag. Das Kautschukpflaster ist »gekrochen« und hat sich gegen den Randstein aufgekrümmt. Sonst verhält sich der Kautschuk zufriedenstellend.

Dunlop-Block. Der im Sommer 1932 herausgebrachte Block der Dunlop Rubber Co. besteht aus einer schachtelförmigen Kautschukhülle, die mit Zement ausgefüllt werden muß, so daß so eine Pflastereinheit gebildet wird (siehe Abb. 895). Dieser Block hat bis heute noch keine Dauerversuche hinter sich, über die berichtet werden könnte.

DER GUMMIFADEN

VON MAX DRAEMANN, FABRIKDIREKTOR, KÖLN

Einleitung

Der Gummifaden verdankt sein Entstehen folgender, lange vor der Entdeckung der Vulkanisation gemachter Beobachtung. Wenn man ein Stückchen Rohgummiband ein wenig erwärmt und dehnt, so läßt es sich ziemlich weit ausziehen, bevor es der Dehnung merklichen Widerstand entgegensetzt. Läßt man es unter Spannung erkalten, so behält der nun gebildete Faden seine Länge bei. Wird aber der Faden erwärmt, so schnurrt er nahezu auf seine ursprüngliche Länge, Breite und Dicke zurück. Die ersten Gummifäden der Welt sind unter Beobachtung dieses eben geschilderten Phänomens hergestellt worden. Weitere Beobachtungen führten dann dazu, daß man die Möglichkeit erkannte, aus derartigen Kautschukbändern unter Verwendung von Gewebefasern elastische Bänder herzustellen. Dies wiederum begründete eine neue Industrie, die Herstellung der gummielastischen Gewebe, als da sind: Hosenträger, Strumpfbänder, Mieder, Korsetts, Litzen usw., allgemein »Gummibandweberei« genannt.

Damals stellte man auf einer Streichmaschine — Kalandr konnte man noch nicht, weil die Möglichkeit zur Herstellung von Walzen fehlte — eine Platte her, zog sie bis zum Ende ihrer Dehnfähigkeit aus, ließ abkühlen und schnitt nun Fäden daraus, die sich wie getrocknete Darmseiten anfühlten. Wenn dann diese Fäden verwebt waren und die Webware appretiert wurde, was in der Wärme geschah, bekam der Faden wieder Leben und zog das gewebte Stück zusammen.

Diese Art der Herstellung der Gummifäden war natürlich im Vergleich zu unsern heutigen Verfahren sehr primitiv und wurde auch in dem Moment verlassen, als die Vulkanisation des Kautschuks bekannt wurde und man sich gleichzeitig von den besseren Eigenschaften eines vulkanisierten Kautschuks überzeugen konnte.

Die weitere Entwicklung unserer heutigen Technik hat es dann mit sich gebracht, daß der Gummifaden nicht allein für den rein persönlichen Gebrauch eines jeden verwendet wird. Man benutzt heute den Gummifaden auch bei der Abdichtung von Metallschläuchen, bei der Abfederung von Flugzeugen usw. usw. Überall handelt es sich aber um die Erzielung einer hohen Elastizität bei langer Gebrauchsfähigkeit und um Erreichung einer Qualität, die den höchsten Ansprüchen genügt.

Diesen Zweck zu erreichen mag sehr einfach aussehen, ist es aber nicht, weil die Erreichung aller Bedingungen, die schlechterdings an einen lebensfähigen Gummifaden gestellt werden können, sehr, sehr schwer zu bewerkstelligen ist und ein Maß von Kenntnissen in Chemie und Praxis verlangt, wie man es bei keinem Artikel unserer, sicher abwechslungsreichen Industrie sonst gewöhnt ist. Die schwierigste Bedingung aber, die erfüllt werden muß, ist die der absoluten Gleichmäßigkeit in den Lieferungen, jahraus, jahrein. Der Bandweber muß diese For-

derung einfach stellen, weil er seine Fäden nicht bei einer Fabrik kauft, sondern die Fabriken der ganzen Welt seine Lieferanten sind, und weil er seine Ware nicht bei jedem Fabrikat auf besondere Eigenschaften desselben einstellen kann.

Heute, nachdem sich die Gummiverarbeitung und die Gummichemie auf eine, noch vor dem Weltkriege ungeahnte Höhe geschwungen haben, ist manches als Allgemeingut bekanntgeworden, was früher in den Gummifädenfabriken als strengstes Fabrikgeheimnis behütet worden ist, aber auch dies ändert nichts an der Tatsache, daß die Herstellung selbst für die meisten Fachkollegen ein Buch mit sieben Siegeln geblieben ist. Zur Herstellung von Gummifäden gehört nicht nur sehr große jahrelange praktische Erfahrung, sondern darüber hinaus ausgesprochenes Fingerspitzengefühl; wer kein Fingerspitzengefühl hat und sich nicht den sich dauernd ändernden Anforderungen einer Gummifädenfabrikation anpassen kann, der hat kein Glück. Das mag etwas überheblich klingen, ist es aber nicht, denn ohne Fingerspitzengefühl und langjährige Übung ist niemand in der Lage, die einzelnen Nummern festzustellen, die Spannung zu »fühlen« und dort einzugreifen, wo sich eine kleine Änderung nötig macht. Meistens ist es auch so, daß die Charakteristik eines Fadens schon festgelegt werden muß, ehe das Laboratorium mit den notwendigen Prüfungen nachkommen kann.

Dabei ist eine eingehende Fabrikationskontrolle durch das Laboratorium unerlässlich und darf nie ausgeschaltet werden, wenn man keine Nackenschläge erhalten will, angefangen bei der Kontrolle des Rohgummis und endigend beim fertigen Faden. Aber der erfahrene und wirkliche Gummifädenfachmann, der den guten und gleichmäßigen Teig oder die richtige Mastikation seines Rohgummis frühzeitig erkennt, der nach dem Gefühl die Spannung beurteilt und der in den vielen einzelnen Fabrikationsphasen mit vollem Verantwortungsgefühl sofort eingreifen kann, ist einfach nicht wegzudenken. Darüber hat schon mancher den Kopf geschüttelt, aber man wird dies verstehen, wenn man daran denkt, daß Gummifäden meistens mit einem Querschnitt unter einem Quadratmillimeter hergestellt werden, und daß sich deshalb schon geringste chemische und physikalische Einflüsse, die bei der Herstellung von technischen Gummiwaren noch nicht beachtet werden, in einem großen Maßstab bei Gummifäden bemerkbar machen.

Auswirkungen von Dampfschwankungen können schon einen Gummifaden vollkommen unverkäuflich machen, während sich eine solche Schwankung bei technischen Gummiwaren noch gar nicht auswirkt und vielfach auch gar nicht bemerkt wird.

Nur aus diesen Gründen ist auch erklärbar, weshalb in der ganzen Welt nur 17 oder 18 Fabriken bestehen, die Gummifäden herstellen und weshalb schon so oft eine neugegründete Fadenfabrik wieder von der Bildfläche verschwunden ist.

Die Ansprüche die an einen guten Gummifaden von bester Qualität gestellt werden können, werden in der Weise am besten präzisiert, daß er bei einer 8,5fachen Dehnung eine Zerreißfestigkeit von 1,2 kg bis zu 1,5 kg pro qmm je nach Nummer aufweist und dabei eine Stramm-

heit besitzt, die dem, nach Erfahrungsregeln festgesetztem Nummerngewicht entspricht, mit dem der Faden bei der Prüfung belastet wird. (Die nicht sofort erkennbare Größe dabei ist immer der bei der Vulkanisation gebundene Schwefel.)

Auch darf der Gummifaden im Webstuhl oder im Riemengang sich nicht aufreiben, d. h. rauh werden, seine bleibende Dehnung muß gering und seine Rückzugskraft groß sein, vor allem muß er »Leben« haben. Während der Verarbeitung darf er auch nach längerem Hängen im Webstuhl nicht reißen.

Der Gummifaden ist also ein Gebilde, dessen Eigenschaften bis in das kleinste Detail immer leicht feststellbar sind, wobei im Gegensatz dazu das Ausgangsmaterial ein Naturprodukt ist, das mit allen nur denkbaren Ungleichmäßigkeiten behaftet ist und sein eigenes »Leben« besitzt.

Diese etwas lange Einleitung war nötig, um dem Leser die Notwendigkeit vor Augen führen zu können, daß im folgenden auf kleine unscheinbare Einzelheiten eingegangen werden muß.

Rohgummi

Seit man Gummifäden kennt und solange man solche fabriziert, wurden diese bis vor kurzem nur aus Para, und zwar ausschließlich nur aus hard cure fine Para bester Provenienz hergestellt, weil man der Meinung war, daß allein dieser Rohgummi gleichmäßig genug sei und dem Faden die längste Lebensdauer verleihe. Daß dies ein Trugschluß war und daß man auch gute lebensfähige Fäden aus Plantagensorten herstellen kann, ist erst eine Erkenntnis des letzten Jahrzehnts.

Die Ansicht, daß allein für Fäden Para verwendet werden darf, hatte seinerzeit seine guten Gründe. Man findet heute noch viele Fadenschlechte, die der Meinung sind, daß allein Para ihnen die Gewähr für einen Faden mit langer Lebensdauer gibt, während heute erwiesen ist, daß smoked sheets erster Qualität und auch pale crepe bester Herkunft bei sachgemäßer Verarbeitung und unter Verwendung moderner Beschleuniger mindestens ebenso gute, wenn nicht bessere Fäden von längerer Lebensdauer hervorbringen können. Behauptungen, daß ein Faden aus smoked sheets und nicht aus Para hergestellt sei, weil er eine etwas hellere oder dunklere Farbe habe, sind falsch, derartige Äußerungen zeigen aber, wie auch heute noch gewisse Kreise am Para hängen.

Die oben erwähnten Zahlen über Dehnung, Zerreißfestigkeit und Spannung beruhen auf Erfahrungswerten, die sich im Laufe der Jahrzehnte bei der Verarbeitung von Para ergeben haben. Deshalb muß auch heute jeder Faden, der nicht aus Para hergestellt ist, zum mindesten diese Werte aufweisen, er darf keine andere Farben zeigen und muß vor allem dieselbe Verarbeitungsmöglichkeit haben, darf sich auch nur schwer aufreiben lassen und muß vor allem zumindest dieselbe Lebensdauer haben, worauf noch weiter unten eingegangen werden wird.

Hard cure fine Para hat gegenüber den Plantagensorten den einen großen natürlichen Vorteil, daß er immer einen Teil des Serumgehaltes seiner Milch enthält, der als Beschleuniger und Schutzstoff wirkt und

ihm aus Konservatismus bisher den Vorrang von Plantagensorten gesichert hat.

Wie problematisch dagegen dieser Schutz bei nicht ganz sachgemäßer Verarbeitung ist, geht daraus hervor, daß gerade Para mit der Dauer der Koch- und Waschperiode viel dieser Stoffe verliert und daß man gerade Para direkt totwaschen kann.

Solange aber Para im Raubbau gewonnen wird, und kein System in die Gewinnung der Baummilch kommt, solange wird dem Para immer noch der große Übelstand anhaften, den man gerade bei der Herstellung der Gummifäden so schmerzlich empfindet und der sich bei den heutigen Gewinnungsmethoden nie entfernen lassen wird: das ist und bleibt die überaus große Verschiedenheit in der Härte, im Alter, in der Trockenheit usw. usw., die ihren Ursprung darin haben, daß neben Bäumen von »Methusalems« Alter solche jüngeren Datums stehen und daß deren Milch einfach durcheinander geschüttet wird. Solange man bei der Herstellung technischer Gummiwaren noch Para verwandte, konnte man sich durch das »Blenden«, d. i. das Durcheinanderwerfen der einzelnen Partien, helfen, wie man dies ja auch heute aus Sicherheitsgründen mit den Plantagensorten allgemein tut. Dieses Blenden geschieht aber nicht allein dadurch, daß man ganze Blöcke der einzelnen Partien durcheinandermischt, sondern auch dadurch, daß man die Schnitzel der einzelnen Partien ganz gründlich untereinanderwirft. Trotz allen diesen Manipulationen ist es in der Fabrikation der Gummifäden nicht möglich. Unterschiede ganz auszumerzen. So kommt es immer und immer wieder vor, daß z. B. die Prozentzahl an gebundenem Schwefel schwankt, während doch gerade erstrebt werden muß, diese Zahl möglichst gleichmäßig zu halten.

Plantagensorten wie Ia smoked sheets und Ia pale crepe sind dagegen dem Gummitechniker heute als diejenigen Rohgummisorten bekannt, die eine viel größere Gewähr für Gleichmäßigkeit in der Qualität geben, weil deren Gewinnung kontrolliert wird. Langjährige Versuche, die sich bis auf das Jahr 1919 zurückgerechnet erstrecken, haben ergeben, daß tatsächlich gleichmäßige Spannung, gleichmäßige Dehnung und Zerreißfestigkeit und vor allem gleichmäßige Mengen gebundenen Schwefels innerhalb der Fehlergrenzen auch in der Fabrikation von Gummifäden erreicht werden können und daß, was für die Gummifädenindustrie besonders wichtig ist, die Lebensdauer des Fadens, d. h. die Widerstandskraft gegen die Einwirkung des Sauerstoffes der Luft und des Lichtes so eingestellt werden kann, wie beim Para, ganz abgesehen davon, daß nicht abzusehen ist, wohin uns die moderne Chemie noch führt.

Die Verarbeitungsmöglichkeit von Plantagensorten ist also absolut gegeben und liegt die Entwicklung durchaus in dieser Richtung. Mit Bezug auf die Herstellungskosten darf auch nicht übersehen werden, daß Para immer einen schwankenden Waschverlust hat und daß die Unkosten für das Waschen für 1 kg Para bedeutend höher sind als die für 1 kg Plantagenkautschuk.

In den letzten Jahren verlangte die korsettlose Mode, die leichtere Kleidung der Damen und der Schrei nach der schlanken Linie, daß die

von den Damen benutzten gummielastischen Gewebe nicht mehr so stark auftragen wie bisher. Es war also für den Bandweber nicht mehr möglich, Gummifäden zu umspinnen, um hellere Ware erzeugen zu können. Er mußte hellere Fäden haben, da der braune Faden nicht mehr genügte. Der bis dahin hier und da benutzte graue Faden war gar nicht mehr zu gebrauchen.

Es mußte also ein weißer Faden kommen. Dieser ist dann neben dem Rundfaden, über den weiter unten noch gesprochen werden wird, die Ursache dafür geworden, daß sich allmählich die Erkenntnis Bahn gebrochen hat, auch mit Plantagensorten einen guten Faden erzeugen zu können. Helle Fäden lassen sich nur aus hellen Plantagensorten erzielen. Ebenso eine schöne hellrote Farbe.

Da die Erzeugung weißer Fäden heute bereits ungefähr 50 bis 60% der Welterzeugung ausmachen dürfte und außerdem auch noch ein großer Teil roter Fäden erzeugt wird, so beweist sich schon daraus, daß mehr als die Hälfte der gesamten Fädenproduktion der Welt aus Plantagensorten erzeugt wird. Daraus darf dann auch der Schluß gezogen werden, daß die Zeit nicht mehr fern ist, wo für die Fadenherstellung überhaupt nur noch Plantagensorten verwandt werden.

Anzustreben wäre ein Abkommen, wonach nur ganz bestimmte Plantagensorten für Gummifäden verbraucht werden dürfen, wobei aber auch dieser Rohgummi nur mit Ursprungszeugnis und Qualitätsbescheinigung geliefert werden sollte.

Dann erst wäre die Fadenfabrikation auf eine gesunde, allgemein gültige Basis gestellt, und was das Wichtigste ist, der Bandweber bekäme seinen gleichmäßigen Faden und könnte die Gummifäden der verschiedensten Provenienzen durcheinander verarbeiten, ohne befürchten zu müssen, daß seine eigene Ware Schwankungen unterworfen ist.

Die Vorbereitung des Rohgummis

Es gibt wohl in der gesamten Gummi-Industrie kaum einen Artikel, der von der Kundschaft selbst sofort und so genau auf seine Eigenschaften bis auf Bruchteile geprüft werden kann wie der Faden. Auch aus diesem Grunde ist die Herstellung brauchbarer Fäden so unendlich schwierig, deshalb reißen Fehlfabrikate gleich riesenhaft ins Geld und deshalb haben schon so viele die eben aufgenommene Fadenfabrikation wieder fallen lassen. Das kann man verstehen, wenn man nur an die Dehnung, die Zerreißfestigkeit, an den gleichmäßigen Schnitt und das dadurch wiederum bedingte Gewicht pro Einheit denkt.

Die Vorbereitung des Rohgummis ist deshalb so überaus wichtig, denn gerade von der sachgemäßen Vorbereitung, d. h. von der richtigen Behandlung der einzelnen Partien hängt der Ausfall des gesamten Arbeitsprozesses ab.

Die größte Gleichmäßigkeit im Rohmaterial selbst wird durch das Blenden erreicht; die weitere Vorbereitung dient neben dem Zweck der Untermischung von Schwefel, Beschleuniger und sonstigen Zutaten nur dem einen Zweck, ein Endresultat zu erreichen, das von dem einer

anderen Partie nicht im geringsten abweicht. Hierbei kommt es nun darauf an, nach welcher Methode die Herstellung geführt wird. Es dürfte bekannt sein, daß Vierkantfäden ausschließlich aus Platten geschnitten werden, die der Stärke (Dicke) des zukünftigen Fadens entsprechen müssen. Man unterscheidet bei der Herstellung der Platten:

- a) das Lösungsverfahren, meistens in Deutschland ausgeübt,
- b) das Kalanderverfahren, hauptsächlich im Ausland beliebt.

Wie man später sehen wird, ist das Lösungsverfahren das für den Fabrikanten sicherere, weshalb dieses zunächst einmal beschrieben werden soll.

Bei diesem Verfahren ist es das wichtigste, daß sich der Rohgummi in eine gleichmäßige Lösung verwandelt, damit nicht allein eine gleichmäßige Platte in Stärke und Struktur entsteht, sondern auch eine vollkommen gleichmäßige Verteilung der Vulkanisationsmittel erreicht wird, die ihrerseits wieder die Spannung und Dehnung garantiert. Deshalb kann der Rohgummi nicht einfach nach Belieben einige Male auf einem Walzwerk mastiziert, sondern muß zu diesem Zweck sehr genau bearbeitet und behandelt werden. Dies geschah bis vor kurzem fast allgemein in einem Gabel- oder Trockenknetter, ähnlich wie er bei der Patentplattenfabrikation in Gebrauch ist. Während es aber bei dieser Fabrikation darauf ankommt, den Rohgummi so weit zu bekommen, daß die daraus hergestellten Platten in jeder Richtung gleichmäßig Zug bekommen, war bei der Gummifädenfabrikation der Hauptzweck der Behandlung, diese unter Schonung des Nervs nur eben so weit zu treiben, daß die Auflösung gleichmäßig vor sich ging. Es gibt heute noch Fadenfachleute genug, die auf die Vorbereitung des Rohgummis im Gabelknetter schwören und alles andere als falsch ablehnen. Dabei wird aber meistens übersehen, daß in denjenigen Fabriken, die nach dem Plattenziehverfahren arbeiten, der Rohgummi nicht mehr im Gabelknetter vorbereitet wird, sondern einfach nach bestimmten Regeln und Beobachtung der modernen Erfahrungen auf Walzwerken mit Schwefel und sonstigen Zutaten vermischt wird. Es ist bekannt, daß die Kontrollen auf einem Walzwerk nicht leicht auszuführen sind, besonders deshalb nicht, weil dabei natürlich bedeutend schneller gearbeitet wird als im Knetter. Demgegenüber führen die Anhänger des Kalanderverfahrens an, daß gerade die Vorbereitung auf dem Walzwerk viel weitergehende Variationen und Kontrollen gestatte und man es viel mehr in der Hand habe, die Erwärmung des Rohgummis sofort zu unterbrechen. Auch könne man sofort erkennen, wann der kritische Punkt in der Mastikation erreicht sei.

Dieser Ansicht kann man sich nicht verschließen und so verschwindet der Gabelknetter immer mehr.

Der Gabelknetter hat eins vor dem Walzwerk bestimmt voraus, nämlich daß er den Nerv des Rohgummis mehr schonet als ein Walzwerk. Dies genügt jedoch nicht, daß daraus nun ohne weiteres ein besserer Faden resultiert. Weil man nämlich eine bestimmte Spannung erreichen muß, ist es unbedingt erforderlich, daß die Knetung bis zu einem genau bestimmten Punkt vorangetrieben wird. Dadurch geht der Vorteil des

geschonten Nervs restlos verloren und beide Verfahren kommen letzten Endes auf denselben Erfolg heraus. In der Praxis ist es deshalb so, daß der eine mit seinem Gabelknetzer, der andere mit dem Walzwerk die besten Resultate erzielt, wenn jeder nur mit der nötigen Liebe bei seiner Arbeit ist. Die Hauptkontrolle muß sich darauf erstrecken, daß ein bestimmter Hitzeegrad eben nicht überschritten und ein anderer nicht unterschritten wird.

Die Einrichtung und die Arbeitsweise eines Gabelkneters ersieht man aus der folgenden Skizze (Abb. 896).

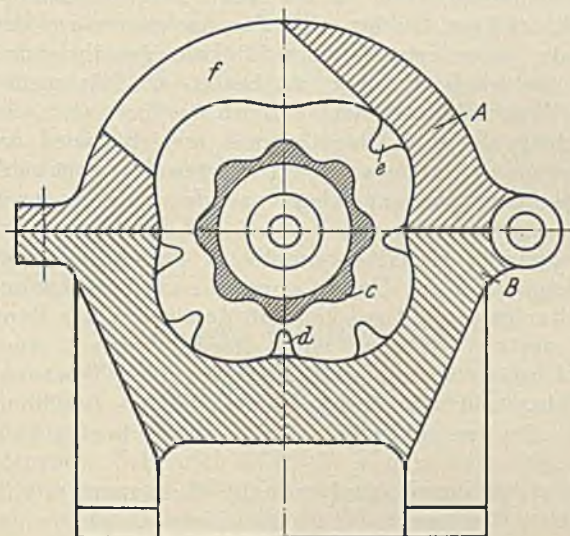


Abb. 896. Querschnitt durch einen Gabelknetzer

Hier stellt A den beweglichen Oberdeckel mit den Gabeln e und den Öffnungen zum Durchgang der Luft und der Gase dar. B zeigt den Unterteil der Maschine mit den Gabeln d. In der Maschine läuft dann der mit Längsstreifen versehene Körper c, der die eigentliche Knetwirkung erzielt. Da hier sehr hohe Drucke auftreten, muß eine derartige Maschine sehr stark gebaut sein. f stellt eine Öffnung im Deckel dar, durch die ein Luftausgleich und die Beobachtung der gekneteten Masse stattfinden kann

Wie sehr es auf die Einhaltung der einmal festgelegten Hitzegrade beim Gummifaden und der Vorbereitung des Rohgummis ankommt, geht aus folgenden, wohl allgemein bekannten Erfahrungen hervor.

Nehmen wir einmal an, das ganze Fabrikationsprogramm einer Fabrik wäre eingestellt auf eine Temperatur des Rohgummis von 95° C. Bleibt nun die Rohgummierwärmung unter dieser Temperatur, dann ändert sich damit sofort das Aufnahmevermögen für den Vulkanisationsschwefel, wovon wieder die Spannung und meistens auch die Dehnung abhängt. Geht aber die Erwärmung über die einmal festgelegte Temperatur hinaus, dann erhält man gerade die entgegengesetzten Verhältnisse. Wer dies nicht beachtet und der Fabrik einfach die Arbeit nach Gefühl überläßt, kann sich nicht wundern, daß er Reklamationen aus der Kundschaft bekommt. Man darf nicht übersehen, daß ein Zehntel Prozent gebun-

denen Schwefels schon einen wesentlichen Einfluß auf die Lebensdauer des Fadens hat, und daß es nicht gleich ist, wie diese Bindung zusammengekommen ist. Deshalb ist die Kontrolle der erreichten Hitzegrade für den Faden so überaus wichtig und deshalb halte ich persönlich den Gabelknetter für die gefährlichste Maschine, die für die Herstellung von Gummi überhaupt nur gefunden werden konnte. Die Mastikation in einem solchen Knetter dauert bis zu zwei Stunden und ist dies mit Rücksicht auf die Überwachung eines richtig geleiteten Aufschließungsprozesses noch viel zu kurz. Deshalb ist auch die Knetearbeit die teuerste.

Durch die Behandlung im Knetter erhält der Rohgummi ein merklich anderes gleichmäßiges Gefüge, das der Fachmann am Bruch erkennt. Um die stets geforderte Gleichmäßigkeit gewährleistet zu sehen, arbeitet man natürlich auch hier am besten mit Härteprüfern und mißt die erreichte Plastizität, was sich sehr gut bewährt hat.

Ist die richtige Struktur des Gummis erreicht, wird der Rohgummi auf einem normalen Gummiwalzwerk ausgewalzt, abgekühlt und in die nötige Menge Lösungsbenzin gelegt, nachdem vorher die nötige Menge Vulkanisationsschwefel dem Lösungsmittel beigegeben wurde. Der vorbereitete Rohgummi nimmt innerhalb 24 Stunden das Lösungsmittel, meistens Leichtbenzin auf. Darauf wird er noch verschiedentlich in dem Lösungsbehälter gewendet und gedreht, damit sich das Benzin möglichst gleichmäßig verteilt. Hierauf wird dieses Gemisch von Rohgummi, Schwefel und Benzin in eine große Knetmaschine (Werner & Pfleiderer) gegeben und solange durchgearbeitet, bis eine homogene Masse erreicht ist, die dann fertig zum Verarbeiten auf der Streichmaschine ist.

Eine andere Art der Teigzubereitung (Rohgummi mit Schwefel und Lösungsmittel) ist folgende:

Man gibt eine bestimmte Menge Rohgummi in eine Knetmaschine und knetet hierin eine gewisse Zeit lang trocken, aber unter starker Kühlung, damit auch hier die Erhitzung nicht über 90° C geht. Dann wird auf normalem Walzwerk ausgezogen, während innerhalb dieser Zeit derselbe Knetter ganz kalt gemacht wird. Die einzelnen ausgezogenen Felle werden eine bestimmte Zeit in das Benzin gelegt und dann sofort wieder in den Knetter gebracht, der selbst sehr schnell die gleichmäßige Lösung vornimmt. Schwefel und der nicht aufgenommene Rest des Lösungsmittels werden langsam zugegeben. Der Schwefel wird am besten dabei mit etwas Benzin angerührt, damit er sich nicht ballt und gut verteilt werden kann. Diese Art der Teigzubereitung gibt bei richtiger Kontrolle absolut gleichmäßige Resultate, jedoch braucht man Stunden dazu, so daß auch dieser Prozeß ziemlich teuer ist.

Die nächste Methode ist dann wohl als die Zusammenfassung der oben geschilderten Erfahrungen zu bewerten und dürfte wohl die sicherste und beste sein, um eine gleichmäßige Mischung zu bekommen, die auch die gewünschten Endresultate garantiert.

Bei dieser Methode wird der Rohgummi wieder nach bestimmten Vorschriften auf Spezialwalzwerken vorbereitet, der Schwefel auf dem Walzwerk zugemischt, und diese Mischung ausgezogen und in das Benzin

gelegt. Nach einer genau bemessenen Reifezeit kommt diese Mischung wieder in den Lösungsknetter, in dem sie dann fertiggemacht wird.

An dieser Stelle sei noch an das Verfahren S z y n k o w s k i s erinnert, der Parasnitzel ohne diese zu waschen in Benzin aufquellen ließ und dann die Reinigung in großen hydraulischen Pressen vornahm. Leider scheiterte dieses Verfahren im großen daran, daß sich die Siebe der Presse zu schnell zusetzten und dann platzten. Der Zweck dieses Verfahrens war der, einmal die Unkosten für das Waschen zu sparen, anderseits aber die wertvollen Serumbestandteile dem Rohgummi zu erhalten. Eine mehrfache Raffinierung durch nacheinander immer feiner werdende Siebe hätte hier wahrscheinlich Abhilfe schaffen können, das Verfahren wurde aber zu teuer dadurch.

Beim Plattenziehverfahren dagegen ist die Vorbereitung der Mischung genau dieselbe, wie man sie für die Reifenherstellung usw. kennt, nur daß vielleicht auch hier die Kontrollen noch etwas weiter ausgebaut sind. Man tut hier aber unbedingt gut, die einzelnen Mischblöcke auch wieder einige Tage sich erholen zu lassen, ehe sie auf die Vorwärmwalze genommen werden. Selbst die Lagerung dieser Blöcke muß für alle stets gleichmäßig sein, und zwar aus den schon des öfteren angegebenen Gründen.

Mischungen für Gummifäden

Man war Jahrzehnte der Meinung, daß ein Übermaß von Schwefel auf die Gleichmäßigkeit des Fadens und sein spezifisches Gewicht den größten Einfluß haben würde, wobei man davon ausging, daß der nicht chemisch gebundene Schwefel später nach dem Schneiden wieder ausgebeizt wird, wodurch das Gefüge leichter werden würde, als wenn man nur 10% oder weniger Schwefel bei der Mischung verbrauchte.

Diese Mischung hatte auch eine besondere Bedeutung dadurch, daß bis zum Kriege die braunen Fäden etwa 80% der gesamten Weltproduktion ausmachten und die übrigen 20% geteilt waren in rote und graue Fäden. Grau wurde in Ermangelung eines guten weißen Fadens in der Weise erzeugt, daß man den überschüssigen, ungebundenen Schwefel nicht ausbeizte, sondern nur den anhaftenden Klebelack entfernte und den Schwefel durch Ablagern an die Oberfläche kommen ließ; der Faden schwefelte aus (ausblühen).

Rote Fäden wurden erzeugt, indem man einen Teil des gelben Schwefels durch Goldschwefel ersetzte, wobei man das höhere spezifische Gewicht in Kauf nahm. Man war froh, daß man wenigstens einen grauen und auch einen dunkelroten Faden erhielt, der eine gute Lebensfähigkeit hatte.

Diese heute so außerordentlich primitiv anmutenden Mischungen haben aber ihre Ursache in der Scheu der Fadenfachleute, Änderungen vorzunehmen, weil letzten Endes immer noch die Lebensfähigkeit am Ende aller Versuche nicht sofort einwandfrei festgestellt werden konnte, und Jahre vergingen, ehe darüber die nötige Klarheit gewonnen war.

Mit dem Aufkommen der Beschleuniger wurde das natürlich mit einem Schlage anders. Zunächst ging es hier genau so zu wie in der gesamten

Industrie bei der Herstellung anderer Gummiwaren: die Nackenschläge blieben nicht aus. Übervulkanisationen wurden oft nach Monaten festgestellt, obwohl die Prüfungsdaten kurz nach der Fertigung absolut gute Zahlen ergeben hatten. Das hat natürlich zunächst viel böses Blut gemacht und deshalb ist auch der Beschleuniger in der Gummifädenbranche immer noch sehr verschrien, obwohl man die heute im Übermaß verlangten weißen Fäden gar nicht anders als unter Verwendung sehr stark wirkender Beschleuniger herstellen kann. Man hatte damals die Bedeutung der Beschleuniger noch nicht richtig erkannt.

Der Gedanke, daß sich doch sicher Gummifäden aus Platten schneiden lassen müßten, die unter Verwendung eines Ultrabeschleunigers hergestellt worden waren und reine weiße Farben aufwiesen, lag nicht allzu ferne. Platten, die mit Chlorschwefel vulkanisiert waren, schieden wegen der üblen Nachwirkungen und wegen der nicht erreichbaren vorgeschriebenen Spannungen aus. Jetzt konnte man auf einmal bei Zimmertemperatur vulkanisieren und hatte noch den Effekt der hellen Farbe als Geschenk dazu. Der erste weiße Faden entstand. Dann ging man natürlich weiter und fabrizierte grüne, blaue, rosa und rote Fäden auf demselben Wege. Damit wurde aber der Gummifädenindustrie ein Geschenk gemacht, an dem sie und ihre Kundschaft noch lange viel Ärger haben sollte, ehe daraus das wurde, was heute auf dem Markte ist.

Diese Fäden wiesen tatsächlich eine wunderbare Farbe auf, sie waren sogar fast durchsichtig, sie erreichten eine Dehnung von 600 bis 700%, zeigten eine außergewöhnlich hohe Zerreißfestigkeit und waren so ansprechend, daß die Bandwebereien jedwede Lieferung einfach aufkauften. Jetzt konnten nämlich von ihnen Artikel hergestellt werden, die man bisher gar nicht gekannt hatte, der Faden brauchte wegen seiner Farbe keine Umspinnung mehr, die Kunstseide, in die der Faden eingebettet wurde, verlor nicht mehr Farbe und Glanz, kurzum, alles schwelgte in Wonne. Und dann kam eines Tages das Verhängnis. Der weiße Faden hielt nicht was er versprochen hatte. Er war an einzelnen Stellen kurzbrüchig, an anderen dehnte er sich übernormal, und wo das nicht geschah, verlor er seine Spannkraft im Gewebe. Trotz aller dieser gewiß nicht unerheblichen Schwierigkeiten waren die Bandweber aber nicht mehr vom weißen Faden abzubringen, weil hinter ihnen wieder die Mode stand. Also »weiß« mußte jetzt unter allen Umständen fabriziert werden, koste es was es wolle.

Heute kann man wohl ruhig behaupten, daß auch dieses große Problem in seinen Hauptzügen erkannt und gelöst ist und daß heute Fäden in der beliebten blauweißen Farbe am Markt sind, die eine ganz vorzügliche Lebensdauer haben und bessere Prüfungsergebnisse aufweisen als der alte braune Faden.

Und was war der Grund für alle diese Anstände gewesen, die gerade den Fadenfabriken das Leben so sauer gemacht haben? So lächerlich es dem nicht Eingeweihten klingen mag, die weißen Fäden waren seinerzeit durch die Bank untervulkanisiert, und zwar deshalb, weil der Faden weiß sein mußte und eine bestimmte Spannung verlangt wurde. Das ließ sich damals aber nur erreichen, wenn man die Fadenplatten unter dem

Schmelzpunkt des Schwefels vulkanisierte. Ging man darüber, dann gab es eine schmutzig grünliche Farbe, die vom Bandweber abgelehnt wurde. Die Vulkanisation mit einer Erhitzung unter dem Schmelzpunkt des Schwefels ist etwas ganz anderes wie eine solche über diesem Schmelzpunkt. Auch dieses Problem ist heute gelöst, nachdem man jahrelang daran herumstudiert hat, bis man alle Ansprüche, die der Bandweber mit Berechtigung stellte, auf eine Linie mit den Erfordernissen der modernen Chemie bringen konnte.

Wie schon gesagt, war der Hauptfehler, der gemacht wurde, die mit Willen herbeigeführte Untervulkanisation der Platten. Dann zeigte sich aber auch mehr und mehr mit dem Eindringen in das Problem, daß irgendwo noch ein ganz anderer Fehler stecken mußte, den man nicht finden konnte. Der Faden war und blieb an vielen Stellen kurzbrüchig, d. h. im Webstuhl riß er ab, ohne daß dafür eine ersichtliche Grundlage vorhanden war. Was war der Fehler? Eine Eigenart der Beschleuniger, die erst erkannt werden mußte, und zwar speziell für die Fadenfabrikation, weil man anderweitig derartige Ungleichmäßigkeit in den Vulkanisaten gar nicht bemerkt hatte, und wohl auch nicht bemerken konnte, weil die Meßmethoden, die bei technischen Gummiwaren angewendet werden, nicht fein genug sind, um solche minimalen Unterschiede überhaupt feststellen zu können.

Die Schwierigkeit, die auch heute noch vielfach auftritt, ist die schwere Verteilbarkeit der Beschleuniger. Jeder Beschleuniger, mag er schwach oder ultrastark sein, hat eine mehr oder weniger starke Affinität, oder wie man es sonst nennen will, zum Kautschuk, d. h. sobald der Beschleuniger mit einem Teil Rohgummi in Berührung kommt, bleibt ein Teil desselben unlösbar am Rohgummi hängen und ist nicht mehr durch noch so intensive Verarbeitung und verschärften Mischprozeß zu verteilen, eine Tatsache, die man leicht nachprüfen kann. Man möge nur bedenken, daß meistens der Beschleuniger nur mit 1% und weniger auf den Kautschuk berechnet, verwandt wird und daß eine solch geringe Menge sehr leicht auf der Oberfläche des Rohgummis verschwindet, ohne dabei gleichmäßig verteilt sein zu müssen. Bei technischen Gummiwaren erfolgt die weitere Untermischung der Beschleunigerteilchen zu meist durch die zugegebenen pulverförmigen Ingredienzien, während dies bei reinen Gummimischungen wie bei Fäden einfach nicht möglich ist, oder man walzt den Rohgummi tot.

Man hat also in solchen Fällen an den Stellen, wo der Beschleuniger direkt auf den Rohgummi geraten ist, eine übervulkanisierte Stelle und daneben, wo weniger Beschleuniger sitzt oder gar keiner, eine direkte Untervulkanisation. Verwendet man sogar, wie es sich immer mehr und mehr herausbildet, für die weißen Fäden Ultrabeschleuniger, dann kann der Unterschied sogar so kraß werden, daß die Platten einfach sofort in den Abfall wandern müssen.

Man wird erwidern, daß man den geschilderten Übelstand in der Herstellung technischer Gummiwaren dadurch begegnet wäre, daß man zur Herstellung sogenannter »Masterbatches« übergegangen sei und damit gute Erfolge erzielt habe. Das ist gewiß richtig, trifft aber nicht den

Kern der Sache, denn selbst in einem solchen Masterbatch bleiben die Beschleuniger mehr oder weniger verschieden verteilt bzw. sie hängen in verschiedener Verteilung auch hier am Rohgummi, je nachdem der Rohgummi begierig den Beschleuniger adsorbiert.

Mit Bedacht wird hier das Wort begierig gebraucht, weil dieses am besten und nächsten dem Praktiker erklärt, was über das Zusammenreffen des Beschleunigers mit dem Rohgummi gesagt werden soll und wohl auch am besten Vorgänge zu erklären scheint, für die man bisher keine Erklärung besitzt und die man übersehen hat, weil sie entweder wie bei der Herstellung technischer Artikel gar nicht in Erscheinung treten oder die man auch auf die Einwirkung des Zinkweiß und des Schwefels zurückführt, während der tatsächliche Störenfried der Beschleuniger ist. So hat man auch beobachten können, daß stark basische und flüssige Beschleuniger derartig stark auf Rohgummi einwirkten, daß sie dessen Oberfläche sofort veränderten (ohne Gegenwart von Schwefel), und zwar so stark, daß die Mastikation eine ganz andere wurde und viel mehr Zeit in Anspruch nahm. Es ist hier nicht die Absicht, sich im besonderen über die einzelnen Beschleuniger auszulassen, es soll nur auf die Besonderheiten hingewiesen werden, die bei der Verwendung von Beschleunigern auftreten und die dem einen oder anderen wichtig werden könnten.

Die deshalb unbedingt nötige gleichmäßige Verteilung der geringen Mengen von Beschleunigern ist z. B. bei anderen technischen Artikeln dadurch bereits erreicht worden, daß man entweder die fertig konfektionierte Ware in benzolhaltige Beschleunigerlösungen taucht oder aber dünnwandige Artikel in wäßrigen Beschleunigerlösungen kocht.

Ähnliches kann man natürlich auch mit den Fadenplatten vornehmen, indem man sie nach der Herstellung mit einem in Benzol gelösten Ultrabeschleuniger behandelt, oder man gibt der Mischung nur einen schwachen Beschleuniger zu und tränkt dann mit einem zweiten, additiv wirkendem Beschleuniger nach der Fertigstellung. Jeder Beschleuniger hat aber andere Eigenschaften, die sich im Gummifaden sehr verschieden auswirken und ihm auch ganz besondere Eigenschaften verleihen. Diese herauszufinden und sie praktisch zu verwenden, ist Aufgabe des Laboratoriums.

Was im vorstehenden über die schwere Verteilbarkeit der Beschleuniger gesagt worden ist, gilt auch in gewisser Weise für Zinkweiß. Im allgemeinen schreibt der Chemiker bei technischen Mischungen 5% Zinkweiß vor. Damit kommt aber der Gummifadenmann nicht zurecht, weil durch eine Zugabe in dieser Höhe das spezifische Gewicht zu hoch werden würde. Man kann nur mit 2 bis 3% arbeiten und muß daher dafür sorgen, daß dieses wenige Material vorsichtig und vollkommen trocken unter Vermeidung von Schuppenbildung eingemischt wird. Bei der Herstellung von roten Fäden hat man bis vor wenigen Jahren allgemein zum Färben Goldschwefel verwandt. Goldschwefel war sehr beliebt, weil er dem Faden eine gute Alterung gab und ihn vor Lichteinwirkung schützte. Heute drängt die Wirtschaft auf bessere Ausnutzung

der Gewichte und deshalb geht man immer mehr zum Verbrauch der vulkanisationsechten organischen Farben über.

Wenn man nochmal darauf hinweist, daß eine der Hauptfordernisse beim Gummifaden die gleichmäßige Mischung ist, dann dürfte alles gesagt sein, was im Rahmen dieser Abhandlung über das Mischungswesen zu sagen war.

Vorbereitungen für die Herstellung der Fadenplatten

Diese sind natürlich bei der Herstellung der Platten auf dem Kalandereinfacher und reihen sich in die allgemeinen Vorbereitungs- und Vorwärmearbeiten ein, wie man sie bei der Herstellung der technischen Gummiwaren kennt. Selbstverständlich muß auch hier wieder mit der größten Vorsicht und Sorgfalt vorgegangen werden, damit stets und ständig genau gleiche Resultate erzielt werden. Das ist leicht gesagt und schwer getan, denn absolute Gleichmäßigkeit im Gummi nach dem Mastizieren, nach dem Einmischen des Schwefels, nach dem Ablagern und wieder Vorwärmen usw. usw. muß erreicht sein, damit die Vulkanisation auch von Tag zu Tag und von Monat zu Monat gleichbleiben kann. Da macht schon die verschiedene Ablagerung der einzelnen Puppen einen merkbaren Unterschied aus, man kann z. B. ohne weiteres nicht eine einen Tag alte und eine Puppe, die schon acht Tage abgelagert hat, zusammen vorwärmen. Die später erreichten Spannungen differieren dann um einen Zoll.

Man muß deshalb die nach dem Mischen abgeschnittenen Puppen in Kammern, die gut temperiert sind, ablagern lassen und sie auch beim Vorwärmen wieder auf die richtige und gleiche Temperatur bringen, sonst gibt es zu viel Ungleichmäßigkeiten und Abfall. Das Thermometer ist hier das wichtigste Werkzeug.

Werden die Platten dagegen nach dem Streichverfahren bzw. dem Lösungsverfahren hergestellt, dann sind die Vorbereitungen noch etwas langwieriger. Wie wohl bekannt sein dürfte, werden beim Streichverfahren die Platten dadurch gewonnen, daß man den zu einem gleichmäßigen Teig aufgelösten Kautschuk durch viele dünne Striche auf ein Streichtuch bringt, wodurch nach und nach die Dicke der gewünschten Platte erreicht wird.

Der Teig, wie er aus dem Mischknetzer kommt, muß eine für das Verfahren genau festgelegte Temperatur besitzen, damit er auf dem Streichtuch auch haften bleibt. Ein solches Tuch besteht aus einem sehr festen und wieder sehr gleichmäßigen Gewebe, welches besonders präpariert ist. Dieses Tuch läuft unter dem feststehenden Messer der Maschine durch und nimmt von dem vorgelegten Teig soviel mit, wie die Einstellung des Messers zuläßt.

Während nun bei der Herstellung der Platten auf dem Kalandereinfacher Zweck verfolgt wird, möglichst billig zu arbeiten und mit zwei bis drei Lagen auszukommen, geht das Bestreben bei dem Streichverfahren dahin, die einzelnen Lagen so dünn wie möglich zu halten, damit etwa nicht bemerkte Ungleichmäßigkeiten und Mischfehler so weitgehend wie nur eben möglich einmal in einer Lage selbst, dann aber auch in die ein-

zelen Lagen der Platte verteilt werden können. Damit geht man ganz bewußt einen Weg und wird es sich weiter unten zeigen, daß gerade dieses Verfahren in Zukunft wieder zu großen Ehren kommen muß.

Es mag sein, daß diese Überlegung in den Entwicklungsjahren des Gummifadens nicht die Rolle gespielt hat, wie es heute der Fall ist. Es wird wohl so gewesen sein, daß man damals auf den vorhandenen Kalandern überhaupt keine gleichmäßige Platte herstellen konnte und daß man deshalb die Streichmaschine ausgebildet hat. Mit der Entwicklung der Gummi-Industrie wurde aber der Wert dieses Streichverfahrens erkannt und weiter ausgebaut, so daß auch heute noch namhafte Fabriken sich dieses Verfahrens bedienen. Erst in den letzten 30 Jahren kann man beobachten, daß sich auch mit der Entwicklung der Kalanders das Ziehverfahren weiter ausgebildet hat und heute sehr gelobt wird. Ob mit Recht, mag dahingestellt sein.

Heute wieder hat es den Anschein, als ob das Streichverfahren Vorteile besitzt, die auch die Gegner dieses Verfahrens nicht mehr ableugnen können. Man hat bald ein ganzes Jahrhundert die Fäden nur aus Gummi und Schwefel hergestellt und nun ist man immer mehr und mehr gezwungen, zur Verwendung von Beschleunigern, Alterungsschutzmitteln und dergl. überzugehen, weil es die Entwicklung mit ihren immer höheren Ansprüchen so will. Damit treten aber Anforderungen an die gleichmäßige Verarbeitung auf, die nicht mehr in genügender Weise durch einen Mischprozeß auf den Walzen gelöst werden können. Die Schwierigkeiten, gleichmäßige Spannungen herzustellen, werden also immer größer. Es ist nicht allein erkannt worden, daß die Verwendung von Beschleunigern den Fäden bedeutend bessere Eigenschaften gibt, sondern man weiß auch heute, daß gerade die Alterung sehr wesentlich verbessert werden kann. Daraus ersieht man, wie wichtig heute schon die Verwendung der Beschleuniger für Fäden geworden ist. Andererseits ist aber nicht abzuleugnen, daß die Fehlerquellen damit schon heute ganz gewaltig vermehrt worden sind. Daß man aber bei den heutigen Erkenntnissen nicht stehenbleiben wird und daß man noch viele Überraschungen in dieser Beziehung erwarten darf und daß die Ansprüche damit auch weiter steigen werden, wird wohl niemand ableugnen.

Eine Gummifadenplatte unterliegt einem langen Vulkanisationsprozeß und es ist dabei an und für sich nicht gefährlich, wenn kleine Schwankungen in der Vulkanisationshitze vorkommen. Bei der Verwendung von Beschleunigern wird dies aber schon wieder ganz anders, denn die Vulkanisation geht viel schneller vor sich und wirken sich auch Mischfehler viel schneller und intensiver aus. Wie weiter oben schon ausgeführt wurde, lassen sich die Beschleuniger aber nicht gleichmäßig genug auf den Walzen verteilen, so daß damit erwiesen sein dürfte, wie groß die Gefahr in dieser Hinsicht beim Kalanderverfahren langsam wird. Nun kommt aber noch etwas dazu, das die Schwierigkeiten noch erhöht. Bei der Herstellung von technischen Gummiwaren verwendet man gerne Beschleuniger mit flachen Vulkanisationskurven, d. h. die Gefahr einer Übervulkanisation ist dort weitestgehend vermieden. Bei Fäden ist das aber nicht der Fall. Man darf nämlich die Fadenplatte nur soweit in der

Vulkanisation treiben, d. h. bis an den Kulminationspunkt, wo die aufsteigende Festigkeitskurve umzubiegen beginnt, also nur soweit, bis diese Kurve beginnt mehr oder weniger horizontal zu verlaufen. Geht man über diesen Punkt hinaus, dann hält zwar der Faden die Prüfungen aus, er stirbt aber innerhalb zweier Jahre ab, ein Übelstand, den man an vielen Fäden ausländischer Provenienz feststellen konnte. Dieser Fehler kam aber nicht daher, daß man Beschleuniger verwandt hatte, sondern man hat dem nur mit Schwefel gemischtem Kautschuk etwas zumuten wollen, was er nicht vertragen konnte, weil er keinen Beschleuniger enthielt. In diesem Sinne bleibt also für die Zukunft das Streichverfahren unbedingt dem Kalanderverfahren überlegen, es sei denn, daß man dazu übergeht und der Mischung mehr pulverförmige Ingredienzien zusetzt, die den Faden etwas schwerer machen, aber auch gleichzeitig die Verteilung des Beschleunigers übernehmen.

Die Herstellung der Platten

Wie schon weiter oben gesagt, ist der Zweck des Streichverfahrens, möglichst viele und dünne Auflagen zum Aufbau der Platte zu verwenden. Man kann im allgemeinen beim Streichverfahren mit einer Stärke einer einzelnen Lage von einem halben Zehntel Millimeter rechnen, während beim Plattenziehverfahren in der Regel wohl 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zehntel gewählt werden. Normalerweise bedeutet dies, daß die Mischungen genau wie vorgeschrieben zustande gekommen sind. Ist dagegen der Gummi von Natur aus sehr weich oder ist er stärker als sonst üblich mastiziert worden usw. usw., dann hat er, wie wohl allgemein bekannt, ein größeres Quellvermögen. Dann kommt der Arbeiter auf der Streichmaschine damit nicht zurecht, wenn er den Fehler nicht bemerkt oder ihn nicht mitgeteilt bekommt.

In solchen Fällen tritt der gefürchtetste Fehler bei diesem Verfahren auf: die Platten fallen nämlich entweder kurz vor der Vulkanisation oder während derselben zusammen, d. h. sie verlieren ihre Dimensionen. Wenn also die Platte, bevor sie von der Streichmaschine abgenommen wird, als richtig gemessen wird und mit der ihr zukommenden Dimension bezeichnet ist, dann stimmt diese Bezeichnung nachträglich nicht mehr, und nun ist guter Rat teuer. Denn in der Regel wird die Fadenummer quadratisch geschnitten verlangt, was soll man aber mit einer Platte anfangen, die ihre Nummer nicht hält. Man kann den Fehler ausgleichen, indem man die Fäden aus dieser Platte rechteckig schneidet, dann muß man aber auch dafür einen Kunden haben, der sie abnimmt. In der Regel bleibt deshalb nichts anderes übrig, als die Platte auf Lager zu nehmen und abzuwarten, bis eines Tages eine Bestellung kommt, die dem Maß der Platte entspricht.

Deshalb wird auf der Streichmaschine sehr vorsichtig gearbeitet, und gibt man lieber einen Strich zu, als daß man eine solche Platte auf gut Glück fertigstellt.

Aus demselben Grunde ist es auch gar nicht so unwichtig, mit welcher Geschwindigkeit auf den Streichmaschinen gearbeitet wird. In früheren

Jahren, als noch gemütlicher gearbeitet werden konnte, und als man noch nicht so scharf auf die Herstellungskosten zu sehen hatte, war eine Geschwindigkeit von 2,5 m pro Minute die übliche. Heute ist man bereits höher gegangen. Es soll hier nicht gesagt sein, daß höhere Geschwindigkeiten nicht zulässig sind, und ich will nicht sagen, daß mit höheren Geschwindigkeiten keine guten Platten hergestellt werden können, das Gefahrenmoment ist aber erheblich gesteigert.

Man darf nämlich nicht übersehen, daß die Geschwindigkeit des Streichtuches maßgebend ist für die Formung der Platte unter dem feststehenden Messer, d. h. es ist absolut nicht gleichgültig, wie sich Gummi und der zugemischte Schwefel, der sich vorläufig noch als Fremdkörper im Gummi befindet, unter dem Messer legen. Arbeitet man zu schnell, geht man also über diese 2,5 m pro Minute hinaus, dann bekommt man genau wie am Kalandar, nur nicht so scharf abgetrennt, den sogenannten Kalandereffekt, der bei einer Fadenplatte sehr unerwünscht ist. Denn eine solche Platte hat, mehr wie die normalen, immer das Bestreben einzuspringen und tut dies auch in einem unerwünschten Maße, sowie sie vom Streichtuch gelöst ist.

Dadurch verändert sie ihre Stärke und wird dicker. Wird nun durch eine Unachtsamkeit eine solche Platte an einer Stelle auch noch erwärmt oder wärmer wie die danebenliegende, dann stimmt an dieser Stelle die Stärke später bestimmt nicht.

Übrigens kommt dieser Kalandereffekt bei den auf dem Kalandar hergestellten Platten fast immer vor, wenn darauf nicht besonders achtgegeben wird. Hier hilft nur sehr vorsichtiges und langsames Arbeiten. Auch hier gilt wieder gleichmäßiges Erwärmen der Puppen und vor allem gleichmäßiges Abkühlen der gezogenen Platten. Das ist nicht so ganz leicht, weil, wie ja schon erwähnt, die gezogenen Platten dubliert werden. Man kann diese Platten, wenn sie die Walzen verlassen, mit einem Mitläufer aufnehmen und dann durch eine Wärmekammer oder vielleicht noch besser durch eine Kühlkammer schicken, um dadurch Gummipatte und Mitläufer genau auf die gewünschte Temperatur zu bringen und dabei der Platte auch die nötige Zeit zum Einspringen zu geben; man kann aber auch die von den Walzen kommenden Platten sofort in den Mitläufer einwickeln und dann den ganzen Block in einer Wärm- oder Kühlkammer ablagern lassen, bis die richtige Temperatur erreicht ist. Die erstere Art ist wegen des Dublierens die richtigere, und ist auch hier wieder von der größten Wichtigkeit, daß die zu dublierenden Platten vollkommen gleichmäßig in ihrer Temperatur sind, damit jede unerwünschte Spannung zwischen den einzelnen Lagen vermieden wird.

Dies muß unbedingt erreicht werden, damit einerseits die Stärke der gewünschten Platte richtig herauskommt und andererseits beim Dublieren die Luft zwischen den einzelnen aufeinanderliegenden Lagen gut entweichen kann und keine Blasen gebildet werden. Ist nämlich erst einmal an einer Stelle eine solche Ungleichmäßigkeit entstanden, dann hält sie durch Verschiebung Luft fest, diese wird mit eingewalzt und man hat nachher nichts wie Blasen zwischen den Lagen. Durch festes

Einwickeln und andere Manipulationen kann man diese wieder entfernen, erwünscht und nötig ist das aber nicht.

Es leuchtet also sicher ein, daß die Geschwindigkeit, mit der auf Streichmaschine und Kalander gearbeitet wird, nicht gleichgültig sein kann. Ein einmal festgelegtes Arbeitsverfahren bedingt eine bestimmte Arbeitsgeschwindigkeit in der Plattenherstellung, und vice versa, wenn diese aus irgendeinem Grunde geändert wird, dann muß auch das Vorbereitungsverfahren dementsprechend angepaßt werden. Das mag etwas übertrieben klingen, ist aber unbedingt richtig. Es sei nur an die sogenannte Kurzbrüchigkeit der Fäden erinnert, wobei es sich um folgendes handelt.

Ein Faden hat alle Prüfungen bestanden und ist als gut durchgegangen, sogar die Hysteresis zeigt ein ganz ausgezeichnetes Bild. Doch sowie dieser Faden in eine Verarbeitungsmaschine kommt, reißt er; der Gummiweber kommt und kommt nicht weiter, die Fäden fliegen ihm nur so um die Ohren. Woran liegt das? Nur am Kalandereffekt oder, mit anderen Worten, daran, daß die Vorverarbeitung des Rohgummis nicht richtig eingestellt war und daß dadurch ein zu großer Kalandereffekt entstand, der eine Veränderung des Plattengefüges während der Ablagerung und während der Vulkanisation bewirkte.

Genauere Richtlinien in dieser Beziehung zu geben, ist nicht möglich, weil dafür jede Fabrikationsphase durchgeprüft werden müßte. Die gegebenen Möglichkeiten muß eben der Fachmann in den Fingerspitzen fühlen, eins hängt hier vom anderen ab.

Abziehen der Platten und Aufwickeln zum Vulkanisieren

Dies ist eine an und für sich einfache Arbeit, jedoch erfordert auch sie viel Umsicht und Erfahrung, weil der geringste Fehler und die kleinste Stockung ein Dünnerziehen der Platte zur Folge hat und dadurch später der fertige Faden dünne Stellen aufweist, die ihn unter Umständen vollkommen unbrauchbar machen. Die Maschinen, die zum Abziehen benutzt werden, entsprechen ungefähr den Dubliermaschinen, nur daß sie in umgekehrter Richtung arbeiten.

Vorsichtigerweise und um Abfall zu sparen, werden die Platten vor dem Aufwickeln noch an den Seiten auf gleiche Breite geschnitten, ehe sie nun zum Vulkanisieren auf die Trommeln aufgewickelt werden. Dieses Aufwickeln geschieht in derselben Weise, wie bei allen technischen Gummiwaren, nur auch hier wieder mit der nötigen Vorsicht, damit keine Stelle einer Platte irgendwie ausgezogen wird.

Während man noch vor dem Kriege fast nur glatte Platten herstellte, indem man die Platten ohne jede Zwischenlage auf die Vulkanisierrolle aufwickelte, ist man in den letzten Jahren fast allgemein dazu übergegangen, die einzelnen Platten unter Benutzung eines feinen Gewebes als Einwickelstoff zu vulkanisieren, so daß diese nach der Heizung ein Stoffdessin tragen. Dies geschieht, einmal um die Platten besser handhaben zu können, andererseits aber auch, um das Gewicht der Fäden leichter zu machen. Dies kommt dadurch zustande, daß das

Stoffdessin ungefähr eine Nummer in der Dicke aufträgt. Auch hält eine rauhe Oberfläche besser den Talkum, der bei der Verarbeitung immer gebraucht wird, wenn er auch nur von dem Fadenhersteller aufgebracht ist. Das sind Feinheiten, auf die man früher nicht geachtet hat, die heute aber wichtig geworden sind, weil heute mehr denn je kalkuliert wird und der Konkurrenzkampf immer größer geworden ist.

Nachdem die Platten noch gut abgebunden sind, kommen die Trommeln einzeln oder auch zu mehreren in den Vulkanisierkessel. In der Regel stellt man drei Trommeln ineinander und sorgt dann für eine gute gleichmäßige Wärmeverteilung.

Die Vulkanisation der Platten

Mit dieser beginnt die zweite wichtige Hauptphase bei der Herstellung der Gummifäden. Jetzt kommt es darauf an, daß durch eine gleichmäßige

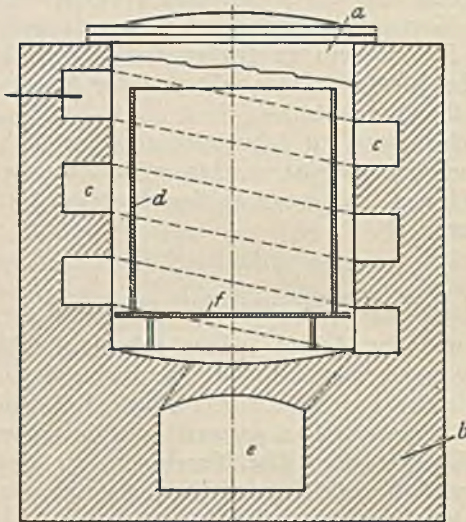


Abb. 897. Vulkanisierkessel

der bis vor kurzem sehr viel für Fäden benutzt wurde, wobei a den eigentlichen Kessel, b die dabei benutzte Einmauerung, c die Rauch- und Feuerzüge, e die Feuerung selbst darstellt, während d die Aufwickeltrommel mit der Platte zeigt. Die Aufwickeltrommel ruht auf dem Stuhl f, der nicht rotiert. Die nötige Vulkanisationshitze wurde also durch direkte Feuerung erreicht

Vulkanisation der Platte in sich und durch eine gleichartige zu den anderen Platten nicht diejenigen Eigenschaften, die man der Platte durch eine sorgfältige Herstellung gegeben hat, vernichtet werden. Deshalb geschieht die Vulkanisation auch heute noch in den meisten Fällen im Wasser, nur einige wenige Fabriken haben sich der Dampf-vulkanisation zugewandt. Trotz allem, was gegen die Wasserverwendung und für eine Dampf-vulkanisation angeführt wird, herrscht doch die Ansicht vor, daß eine Vulkanisation im Wasser immer die bessere und sichere bleibt.

Hierzu ist folgendes zu sagen:

Damit man mit den Trommeln gut hantieren und der Wärmeausgleich gut vonstatt-

gehen kann, werden die Trommeln mit den Platten im Kessel nicht waagerecht, sondern senkrecht gestellt.

Die beifolgende Skizze veranschaulicht die Anordnung (Abb. 897). Die Art der speziellen Anordnung ist wieder Erfahrung der einzelnen Fabriken und wird als strengstes Fabrikgeheimnis gehütet.

Die Vulkanisation guter und gleichmäßiger Platten dauert sehr lange und ist es nur dadurch möglich geworden, ganze Serien einer Nummer

so zu vulkanisieren, daß alle Daten bei der Prüfung gleich sind. Deshalb wird bei der Vulkanisation eine ganze Reihe ineinandergreifender Kontrollen vorgenommen. Geschieht dies nicht, gibt es bestimmt Versager und alle möglichen Scherereien. Vor dem Weltkriege hatte man es etwas leichter, weil man nur seinen Gummi mit dem zugemischtem Schwefel kannte und die Ansprüche von seiten der Weber nicht so groß waren. Heute hat man neben verstärkten Ansprüchen noch die Zumischung der Beschleuniger mit ihrer ganzen Chemie, Alterungsschutzmittel usw. dazubekommen und dadurch die viel größer gewordene Empfindlichkeit der zu vulkanisierenden Platten bewirkt. Dies gilt sowohl für normale braune, als auch für weiße und rote Platten. So paradox dies klingen mag, tatsächlich läßt sich aber viel leichter eine gute weiße Platte auf die verlangten Eigenschaften in cumulo einstellen als eine braune.

Wie schon weiter oben gesagt worden ist, darf eine Platte für Fäden nur bis an den Beginn der Kulminationskurve vulkanisiert werden, damit nicht die Lebensdauer des Fadens leidet. Dies kann man im täglichen Betrieb bei einiger Übung sofort bei der Prüfung von Hand feststellen.

Die vulkanisierten Platten werden sofort nach dem Vulkanisieren aufgewickelt und zum Einspringen einige Zeit ruhen gelassen. Dann werden sie gewaschen, gereinigt und getrocknet. Nach dem Trocknen erfolgt Aufwicklung auf die Schneidtrommeln.

Das Schneiden der Platten

Mit dem Zerteilen der Fadenplatten in die gewünschten Nummern setzt die dritte und entscheidende Phase der Herstellung ein. Der Faden wird nach Nummern geschnitten, und zwar bezeichnet die Nummer die Anzahl der Fäden, die nebeneinandergelegt in ihrer Breite einen englischen Zoll, gleich 25,4 mm, ausmachen. So z. B. bedeutet Nr. 56, das 56 Fäden sich in einem englischen Zoll teilen, der Faden hat also eine Schnittbreite von $25,4 \text{ mm} : 56$ gleich $0,454 \text{ mm}$. Die Nummern steigen immer um zwei, so daß sich daraus die gebräuchlichsten Nummern wie folgt ergeben:

Nr. 56	0,454 mm	Nr. 38	0,668 mm
Nr. 54	0,470 mm	Nr. 36	0,706 mm
Nr. 52	0,488 mm	Nr. 34	0,747 mm
Nr. 50	0,501 mm	Nr. 32	0,794 mm
Nr. 48	0,529 mm	Nr. 30	0,847 mm
Nr. 46	0,552 mm	Nr. 28	0,907 mm
Nr. 44	0,577 mm	Nr. 26	0,977 mm
Nr. 42	0,605 mm	Nr. 24	1,058 mm
Nr. 40	0,635 mm		

Da die Gummifäden vierkantig verlangt werden, stellt die Schnittbreite gleichzeitig die Fadenstärke gleich der Plattendicke dar. Wenn man nun die Stärken der einzelnen Nummern miteinander vergleicht, so findet man bei den feinsten Nummern einen Unterschied von $\frac{16}{100} \text{ mm}$, und z. B. bei der viel benutzten Nummer 40 einen solchen von $\frac{30}{100} \text{ mm}$

bis zur nächsten Nummer 42, und anderseits bis zur nächsten niedrigeren Nummer 38 einen Dickenunterschied von $\frac{33}{100}$ mm. Diese Unterscheidungen sind doch gewiß schon viel für ein Material, wie es vom Gummi dargestellt wird, noch vielmehr tritt aber die Genauigkeit, mit der Fäden geschnitten werden müssen, in Erscheinung, wenn man folgendes in Betracht zieht. Fäden mit einem Unterschied in ihrer Dicke von einer Nummer zu der nächsten, oder auch in ihrer Schnittbreite von einer Nummer zur anderen, sind gar nicht brauchbar. Der Nummernunterschied muß, wie sich das als Gewohnheit ausgebildet hat, zwischen zwei Nummern geteilt werden. Das heißt aber wieder nichts anderes, daß sowohl in der Dicke wie in der Schnittbreite z. B. beim Faden 56 die gesamten Unterschiede nur $\frac{8}{100}$ mm betragen dürfen, und weil sich die Nummer in der Mitte halten muß, darf die Schwankung wieder nur die Hälfte hiervon, gleich $\frac{4}{100}$ mm nach unten und auch nur $\frac{4}{100}$ mm nach oben betragen. Genau dasselbe gilt aber auch für die Fadenstärke gleich Plattendicke, und mag hieraus der Laie ersehen, wie schwer es ist, Fadenplatten allein schon innerhalb der erlaubten Masse herzustellen. Ebenso erkennt man leicht, welche Unsumme von Erfahrungen erst diese Genauigkeit zustande bringt.

Daraus wird mancher den Schluß ziehen, daß es ein barer Unsinn ist, derartig feine Unterschiede überhaupt in der Fabrikation festzuhalten. Ja, das ist schon richtig, und war es auch in früheren Jahrzehnten anders. Damals begnügte sich der Bandweber mit größeren Unterschieden. Man verarbeitete in der Regel z. B. die Nr. 36, dann die Nr. 40, auf der anderen Seite gab es Liebhaber für Nr. 32 usw.

Mit dem Anwachsen der Konkurrenz und ohne zu übersehen, wohin die Fahrt ging, kamen dann die Wünsche nach den Zwischennummern und auch nach immer dünneren Nummern. Leider ist diesen Wünschen immer stattgegeben worden, wodurch die oben angegebene Nummern-tafel entstanden ist. Aber auch damit noch nicht genug, der Fortschritt hält nicht still: heute kennen wir schon die Nummern 80 und 100.

Kurz und gut, beim Schneiden muß mit einer sonst unbekanntem Sorgfalt vorgegangen werden, damit man wenigstens die angeforderten Nummern erhält und sie auch auf ihre Länge das richtige Nummergewicht halten, worauf es dem Bandweber auch wieder sehr genau ankommt, denn er bezahlt den Faden nicht nach Länge, sondern nach Gewicht.

Nun ist eine vulkanisierte Fadenplatte ein sehr weiches und elastisches Gebilde, das dem Schneidmesser gerne ausweicht, sich gerne an dem Messer festsaugt, deshalb gerne von diesem mitgenommen wird und schon allein deshalb viele Scherereien verursacht.

Um diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, kannte man Jahrzehnte fast nur ein Schneidverfahren, das darin bestand, daß man die zu zerteilenden Platten auf eine Schneidtrommel von etwa 450 mm Durchmesser aufwickelte, nachdem die Platten vorher lackiert waren. Der Lack hatte eine besondere Zusammensetzung und bewerkstelligte ein Zusammenkleben der einzelnen Lagen in einer Weise, daß nach der Trocknung ein fester Block vorlag. Ähnlich wie Konservenringe ge-

schnitten werden, geschieht auch das Schneiden der Fäden: früher mit feststehendem Messer, heute mit rotierendem.

Der Lack, mit dem die einzelnen Lagen aufeinandergeklebt werden, ist meist Fabrikgeheimnis, da von dessen richtiger Beschaffenheit der ganze Schneidprozeß abhängt.

Bei richtigem Lack haften nach einer gewissen Zeit Lack und Gummi fest aneinander und der Schnitt kann beginnen. Da aber der Schnitt in die Tiefe geht, entsteht jetzt eine Scheibe in Stärke des Fadens, die nach einer Seite des Messers durch dessen Form abgedrängt wird. Dies ist bei allen Schneidverfahren gleich.

Man unterscheidet beim Schneiden mit rotierendem scharfem Messer zwei Arten von Schneidmaschinen. Einmal die schon vorerwähnten Maschinen mit einem Trommeldurchmesser von 450 mm und solche mit einem Trommeldurchmesser von etwa 2 m. Da beide noch in Benutzung sind, sei zunächst die Eigenart des Schneidens auf einer Maschine mit kleinem Trommeldurchmesser beschrieben. Da bei diesen Maschinen des kleinen Trommeldurchmessers wegen die Gummiauflage sehr groß wird, kann man das Messer nicht dauernd in der Gummimasse lassen und muß es nach jedem Schnitt zurückziehen. Hier arbeitet die Maschine also so, daß auf jeden Schnitt in die Tiefe ein Rückzug des Messers erfolgt, was natürlich Arbeitsverlust bedeutet (Abb. 898 bis 901).

Man erkennt, daß dieses Schneidverfahren nicht einfach ist, und daß alle möglichen Zufälligkeiten ausgeschaltet werden

müssen, wenn man einen guten Schnitt erhalten will. Daraus und deswegen hat sich dann in den letzten Jahrzehnten ein neues Schneidverfahren herausgebildet, bei dem Trommeln von 2 m Durchmesser verwendet werden. Bei diesen Maschinen liegen nur 10 Lagen und weniger übereinander, so daß dem Messer nicht soviel Widerstand entgegensteht.

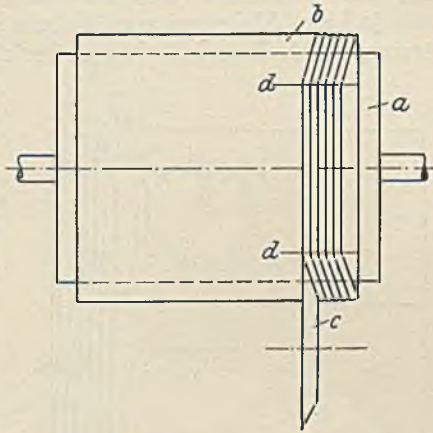


Abb. 898. Wirkungsweise der kleinen Schneidmaschine

a stellt hier die Schneidtrommel dar, auf der die Platte b zum Zerteilen aufgewickelt ist. d zeigt die bereits abgetrennten Fäden, wobei noch das Messer mit einer Kante an dem letzten Faden liegt. Man erkennt, wie dieses die geschnittenen Fäden nach der Seite abdrängt

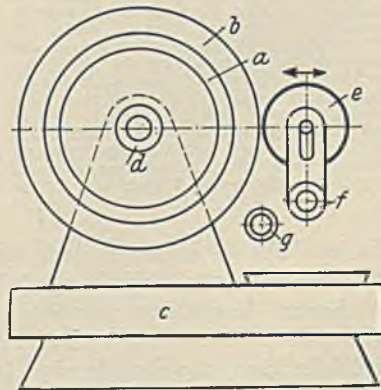


Abb. 899. Kleine Schneidmaschine

Diese beiden Schneidarten haben die Form der Messer gemeinsam, und zwar ist diese bedingt durch den starken Verschleiß, dem die Messer durch die dauernde Berührung mit dem Gummi unterworfen sind. Man kennt ja die Eigenart des Gummis, beim Schneiden oder Abdrehen dem Schneidwerkzeug stark zuzusetzen, weshalb man ja beim Abdrehen von Walzen zur Benutzung von Diamanten übergegangen ist. Dies ist aber natürlich beim Schneiden der Fäden nicht

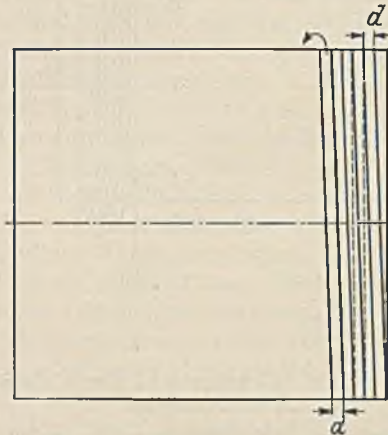


Abb. 900. Schneidart der großen Schneidmaschine

Hier bleibt während des Schneidprozesses das Messer dauernd in der Platte, weshalb nur eine Schneidwirkung zu Fäden erzielt werden kann, wenn sich das Messer in Spiralen um den Umfang der Schneidtrommel a bewegen kann, d stellt die Schnittbreite, gleich Fortbewegung des Supports pro Umdrehung der Trommel dar. Diese Steigung gilt nicht allein für die obere Lage, sondern trifft auch zu für die jeweils darunter liegenden Lagen, so daß sich daraus ein vollständiger Spiralschnitt ergibt. Man muß bei Verfolgung dieses Prinzips nicht außer acht lassen, daß das Messer von Anfang an bis auf den Grund schneidet.

möglich, weshalb hierbei immer Obacht gegeben werden muß, daß das Messer scharf bleibt und nicht zu großen Druck auf die einzelnen Lagen ausübt. Da die Schneidmesser sehr dünn sind, leuchtet ein, daß sie durch die kleinste Einwirkung von außen leicht abgebogen werden können und dann natürlich Abfall schneiden. Deshalb muß beim Nachschärfen der Messer sehr Obacht gegeben werden, weil dieses während der Arbeit geschehen muß. Ein Stillstehen der Maschine zum Nachschärfen würde ein paar Fehlschnitte gleich Abfall bedeuten. Ohne Fehlschnitte zu schneiden kommt man überhaupt nicht aus, jedoch ist der Prozentsatz bei den Maschinen mit großem Trommeldurchmesser geringer, weil das Messer nicht mehr zurückgezogen wird und in dauernder Berührung mit dem Gummi bleibt. Dies wird dadurch möglich, daß das Messer in Spiralschnitt durch die aufgewickelte Platte geführt wird.

Es ist dann noch eine andere Art des Schneidverfahrens bekannt, das aber nur in einer Fabrik ausgeübt und streng geheimgehalten wird. Bei diesem Verfahren werden zwei Messerwellen benutzt, die eine Reihe von zylindrischen Scheiben tragen und wobei die Messer genau der Dicke des zu schneidenden Fadens entsprechen. Um die Schneidwirkung erzielen zu können, müssen die Messer einer Ober- und einer Unterwelle ineinandergreifen und wird dann die zu schneidende Platte durch diese Messer hindurchgeschoben oder von den Messern gezogen. Es leuchtet ein, daß diese Zerteilung der Platte kein eigentliches Zerschneiden, sondern mehr ein Abquetschen der einzelnen Fäden, jedoch zu mehreren zusammen bedeutet. Diese Art, die Fäden zu erhalten, hat sich in anderen Fabriken nicht eingeführt, weil die Schwierigkeiten, einen richtigen Faden zu erhalten, noch größer sind. Man muß bedenken,

daß bei diesem Verfahren alle Messer gleichmäßig sein müssen, weil sie alle gleichzeitig schneiden. Deshalb ist hier ein Nachschleifen sehr schwierig. Außerdem kommt es oft vor, daß sich der Gummi zwischen

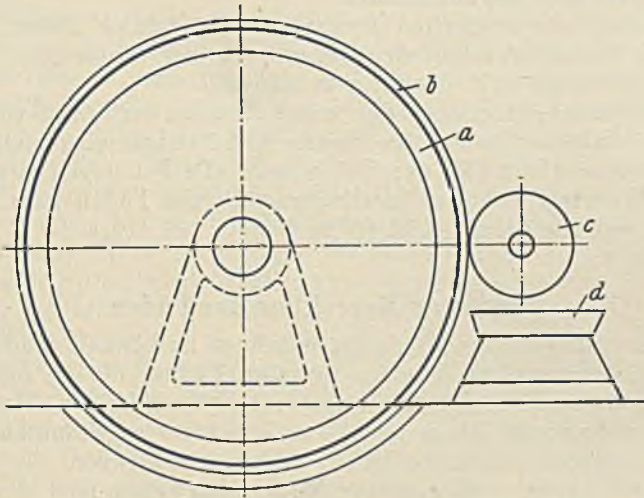


Abb. 901. Große Schneidmaschine

die Messer klemmt, wodurch das Schneiden nur gehemmt wird und Abfall in zu großem Maße erscheint. Noch schlimmer wird die Sache, wenn einmal ein Messer entzweigt. Dann kann die Platte nicht weiter aufgeschnitten werden, man erhält kurze Fäden, und es muß auch die ganze Schneidwelle auseinandergenommen werden, um ein einzelnes Messer zu ersetzen.

Deshalb bleiben die beiden Verfahren, mit rotierendem Messer zu schneiden, die sichersten, sofern für das richtige Messer und den richtigen Nachschliff gesorgt wird. Dabei ist es aber nicht gleichgültig, welche Qualität geschnitten werden muß. Ein Messer, das für braune Fäden hergestellt ist, kann nicht ohne weiteres für weiße Fäden gebraucht werden, auch muß ein Messer, das weiche Platten schneiden soll, anders behandelt werden, wie ein solches, das nur harte Platten schneidet. Hier kommt eben auch wieder die rein handwerksmäßige Erfahrung zur Geltung, unerfahrene Leute schneiden nur Abfall, wobei ganze Platten überhaupt unbrauchbar werden können.

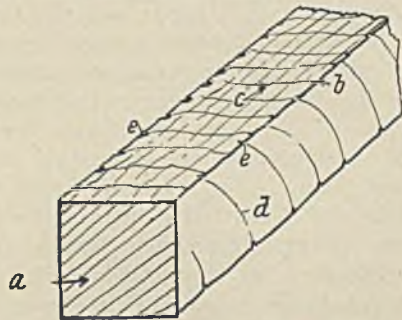


Abb. 902. Schnitt und Kanten des Gummifadens in starker Vergrößerung

a stellt hier den Querschnitt dar. b zeigt die Kante, c den Abdruck des Gewebes, in welches die Platte beim Vulkanisieren eingewickelt war, d die feinen Riefen, die mehr oder weniger durch den Vorschub des Messers entstehen. Durch das Zusammentreffen von c und d entstehen an der Kante b die mikroskopisch kleinen Vertiefungen e, an denen sich der Faden bei Beanspruchung zuerst aufreißt

Schon gelegentlich einmal Abfall geschnitten zu haben, verursacht die größten Scherereien, weil später die unregelmäßig geschnittenen Fäden wieder aus den guten Fäden zunächst nur einmal herausgesucht und dann auch noch entfernt werden müssen.

Alle diese Schwierigkeiten kommen hauptsächlich daher, daß ein elastischer Körper geschnitten werden muß, der sein eigenes »Leben« hat und noch lange nicht das tut, was man will.

Der schlimmste Fehler aber, der beim Schneiden der Fäden vorkommen kann, tritt dann ein, wenn das Messer nicht richtig eingestellt ist und rauh schneidet. Dann hält der Faden wohl alle Prüfungen aus, er reißt aber im Webstuhl bei der Verarbeitung. Solche Fäden kann man gut erkennen, wie die Skizze zeigt (Abb. 902).

Beize und Konfektion der Fäden

Um diesen Arbeitsvorgang richtig würdigen zu können, muß hier eine Erklärung eingeschaltet werden. Einzelne Fäden, die in sogenannten Losen zu mehreren gebündelt geliefert werden, heißen Stränge und werden auf Spinnmaschinen umspinnen oder auf sogenannten Riemengängen verarbeitet, mehrere Fäden zusammen dagegen, die auch zusammen verarbeitet werden, heißen Kette. Man hat, je nach dem Zweck, für den sie gebraucht werden, 6, 8, 9, 14 und mehr Fäden in einer Kette.

In den Riemengängen und in den Spinnmaschinen werden die einzelnen Fäden einzeln verwandt, nachdem sie auf kleinen Spulen aufgespult sind. Diese Riemengänge sind in der Gummibranche schon bekannt, und sind im Prinzip dieselben Maschinen, wie sie zum Umklöppeln der Schläuche und der Gummiadern gebraucht werden.

Die Ketten dagegen werden meistens in den Webstühlen verarbeitet und müssen darum gemeinsam und vor allem in gleichmäßiger Spannung auf eine Trommel aufgewickelt werden, von denen sie dann in derselben Weise wieder ablaufen müssen. Hierbei werden die Trommeln gebremst, da die Gummifäden sehr stark ausgespannt werden müssen. Dieser Zwang zum Ausspannen während der Verarbeitung hat seinen Grund darin, daß gleichzeitig mit dem Gummifaden solche aus Baumwolle usw. mitverwebt werden müssen, um überhaupt erst ein Band herstellen zu können. Der Gummifaden wird also auf eine gleiche Länge mit dem Gewebefaden gebracht. Damit nun dieser Verarbeitungsprozeß im Webstuhl oder im Riemengang ohne Störung vor sich geht, darf der Gummifaden nicht bis auf den Zerreißpunkt ausgespannt werden. Aus jahrelanger Erfahrung hat sich die Regel herausgebildet, den Faden bis auf seine 6,5fache Länge auszuspannen. Unter dieser Spannung bleibt der Gummifaden und mit ihm das Gewebe, solange, wie es praktisch in der Maschine hängt. Erst hinter den Abzugwalzen, die die einzelnen Garnfäden und den Gummifaden durch die Maschinen mit ihren einzelnen Arbeitsvorgängen ziehen, wird die Spannung aufgegeben, der Gummifaden schrumpft ein und mit ihm das ganze Gewebe. Man erkennt hieraus, daß die Elastizität des Gummibandes dadurch entsteht, daß der Gummifaden vor seiner Verarbeitung auf eine

große Länge ausgezogen wird. Man erkennt aber auch, daß das Gewebe aus Seide, Kunstseide, Baumwolle usw. in der Maschine sehr lose eingestellt sein muß, wenn man nach dem Zusammenkriechen eine gute Ware haben will. Würde man nicht dafür sorgen, daß dieses Zusammenkriechen restlos geschieht, würde man ein Band erhalten, das nicht richtig gedeckt ist. Aus diesem Grunde wird die Einstellung der Maschine so vorgenommen, daß der Gummifaden durch die Zusammenziehung nicht ganz schlapp wird, sondern seine Kraft behält und die Zusammenziehung des Bandes noch vornehmen kann. Dies ist nach vielen Erfahrungen dann möglich, wenn der Gummifaden auf seine dreifache Länge in der Regel im fertigen Bande ausgespannt bleibt, d. h. der Webvorgang bei der Gummibandweberei muß einfach so eingestellt sein, daß diese dreifache Länge des Gummifadens im fertigen Bande nicht überschritten wird. Natürlich ist diese Beschreibung nur als eine generelle aufzufassen, da es viele Abwandlungen gibt und man auch andere Webarten kennt, die wesentlich mehr aus dem Gummifaden herausholen. Für den Gummifachmann ist nur wichtig, daß dem Faden während der Verarbeitung eine ziemlich große Spannung zugemutet wird und daß er sogar beim fertigen Band nicht zur Ruhe kommt, sondern Arbeit leisten muß. Das bedeutet aber auch wieder, daß der Gummifaden der einzige Gummiartikel ist, der während der Ruhe noch auf Dehnung beansprucht wird.

Der Kenntnis halber sei hier noch erwähnt, daß sich jedes Gummiband nur auf die Länge ausziehen läßt, die ihm das Gewebe und die miteingewobenen Fäden aus Textilfasern gestatten. An die Zerreißgrenze kommt dadurch der Gummifaden selbst nie. Der Bandweber bestellt sich also seine Gummifäden, je nachdem er diese auf den Riemenhängen und Spinnmaschinen oder im Webstuhl verarbeiten will.

Bei allen Geweben kommt es aber auch für ihn darauf an, daß keine Knoten im Gewebe zum Vorschein kommen. Aneinandergeknotete Fäden sind sehr unbeliebt, weil sich deren Knoten immer durchdrücken und die Ware unansehnlich machen. Deshalb kann z. B. der Fadenlieferant keine kurzgeschnittenen Enden aneinander knoten und deshalb kann auch der Bandweber nicht einzelne Längen durch Anknoten verdoppeln.

Aus diesem Grunde müssen die Gummifäden auch immer in der gleichen Länge geliefert werden. Beim Strangfaden, weil sich der Bandweber ausrechnet, wieviel er von Garn usw. verwenden muß, um eine bestimmte Menge Gummifäden zu verarbeiten, im Bandstuhl z. B., damit eine in die Maschine gespannte Länge auch restlos aufgearbeitet werden kann und damit nicht nachher auf verschiedenen Spulen Reste übrigbleiben, die nur Abfall bedeuten.

Nach diesen Wünschen muß sich die Konfektion der Gummifäden richten. Hierbei ist es aber wieder nicht gleichgültig, nach welchem Schneidverfahren die Fäden hergestellt sind. Wird auf kleinen Trommeln geschnitten, dann sind folgende Arbeiten zu leisten: Bei Strangfäden werden die einzelnen, noch zusammenhängenden Schnitte, die also eine Scheibe in der Dicke des Fadens bilden, abgenommen, auf einen besonderen Arbeitstisch gebracht und hier nach bestimmten

Regeln die beiden Enden des Fadens gesucht und zusammengebunden. Hierauf werden die einzelnen Stränge zu einer bestimmten Anzahl zusammengebündelt, gebeizt, gewaschen und getrocknet. Hätte man diese Fäden vorher nicht gebunden und die Enden fixiert, würde man vor einem heillosen Durcheinander stehen. So ist es aber bei einiger Erfahrung leicht, die Enden richtig aufzumachen, so daß der Bandweber mit dem Abspulen keine Last hat.

Bei der Herstellung der Ketten wird zunächst die gewünschte Anzahl Fäden abgeteilt und kurz hinter dem Ende zusammengebunden. Damit aber der Faden im Webstuhl richtig läuft und einmal nach oben und das andere Mal nach unten zu liegen kommt, muß jetzt ein Band eingebunden werden, das man das Kreuz nennt. Der Bandweber muß nämlich bei der Arbeit am Webstuhl wissen, welche Fäden dafür in Frage kommen, weil die Eigenart dieser Maschine verlangt, daß ein Faden die Unterkette beginnt, während der nächste in die Oberkette gehört, und dies muß abwechselnd mit den einzelnen Gummifäden geschehen. Wenn deshalb die Einteilung dafür nicht ganz exakt gemacht wird, laufen ihm die Fäden durcheinander und er kommt nicht weiter. Das eingebundene Kreuz verfolgt deshalb den Zweck, die Fäden richtig einmal nach oben, einmal nach unten zu legen bzw. zu kennzeichnen, so daß der Bandweber, wenn er das Kreuzband in der Hand hat, nur abzugreifen braucht, um die Gewißheit zu haben, daß sich dieses Band in der einmal begonnenen Einteilung durch die ganze Kette und damit auch durch den Webstuhl ziehen läßt. Die Abwechslung in Ober- und Unterkette erfolgt dadurch, daß der sogenannte Schußfaden, der das Ganze in der gewollten Art bindet, immer in der Mitte durchschießen muß und nur dann eine feste Bindung erreicht, wenn er sich um die Kettfäden einmal unten, einmal oben legen kann.

Man erkennt daraus, daß die Einteilung der einzelnen Kettfäden äußerst wichtig ist, weil jeder Faden seine bestimmte Zeit und seinen bestimmten Ort beim Verarbeiten hat. Eine Unordnung würde nur zu Webfehlern führen, die nicht mehr verdeckbar sind.

Damit hier die größtmögliche Sicherheit gewährleistet ist, wird dies eingebundene Kreuzband auch während der Konfektion der Ketten durch ihre ganze Länge durchgedreht. Man macht dies so, daß man die Ketten in ihrer Abteilung von einer Trommel auf eine andere wickelt und dabei das Kreuzband langsam vom Anfang bis zum Ende durchschiebt. Am Ende wird dann wieder nach bestimmten Regeln ein weiteres Kreuzband eingebunden, die Enden werden gefaßt und zugebunden. Darauf wird die Kette in einer Art Zopf zusammengefaßt und gebunden, nachdem das Ende, an dem der Bandweber mit dem Abwickeln beginnen muß, gekennzeichnet ist.

Auch bei der Herstellung der Ketten muß sehr scharf aufgepaßt werden. Denn bei dem Durchschieben des Bandes reiben sich die schlapp herunterhängenden Fäden an dem Band, und werden sehr oft einzelne Fäden dadurch zeitweise mehr gelängt als die andern, die zufällig keiner Reibung unterliegen. Paßt jetzt die Arbeiterin nicht auf und gibt

dem gelängten Faden keine Luft, dann erscheinen am Ende der Kette einige längere Fäden, die von einer unachtsamen Arbeiterin abgeschnitten werden. Dadurch hat dann der Bandweber verschiedene Spannung im Faden, die er auch in sein Band bekommt, wenn er nicht aufpaßt.

Andererseits kann dies natürlich auch dem Bandweber in der Maschine passieren. Paßt er nicht auf und hat die Maschine irgendwo einen Fehler oder eine Stelle, wo sich einzelne Fäden allein reiben können, dann längen sich diese auch, und weil die dann auftretende Spannung meistens nicht sofort beseitigt wird, sind nachher einzelne Fäden im Band mit größerer Spannung vorhanden. Das ist dann nicht weiter schlimm, wenn sich diese einigermaßen verteilen, liegen sie aber unglücklicherweise an einer Seite nach außen, dann kann das Band sehr leicht krumm werden.

Man hat zur Vornahme dieser Arbeiten an der Kette in den letzten Jahren Maschinen konstruiert, die sich gut bewährt haben, wodurch die Herstellung der Ketten einfacher und billiger geworden ist. — Da den auf oben geschilderte Art hergestellten Fäden wie auch den Strangfäden noch der Schneidlack anhaftet und außerdem im Gummi noch der freie Schwefel vorhanden ist, muß jetzt eine Beize vorgenommen werden, die diese Stoffe entfernt. Trotz allen möglichen Versuchen hat sich immer noch als das beste Mittel dazu Ätznatron gezeigt. Dieses kommt in einer bestimmten Verdünnung zur Anwendung und nimmt den Lack zunächst weg. Dann erfolgt die Ausbeize des Schwefels, wobei die einzelnen Fabriken wieder verschieden vorgehen. Einzelne Fabriken beizen nur solange, bis sie Gewißheit haben, daß der Faden nicht mehr ausschlägt, wobei also ein Teil des freien Schwefels noch im Faden bleibt, andere beizen aber solange, bis der freie Schwefel vollkommen entfernt ist. Dadurch erhält der fertige Faden eine braune Farbe. An der Intensität derselben kann man erkennen, wie weit die Mastikation des Fadens getrieben worden ist und weiter nichts. Ein wenig mastizierter Faden hat eine helle Farbe, ein stark mastizierter Gummi gibt dunkles Braun. Die Ansicht, daß Plantagensorten nur helle Töne und Para nur dunkle Töne ergibt, ist vollkommen falsch. Man kann durch eine richtig geleitete Mastikation auch bei Plantagensorten jede Farbe, selbst die dunkelste erreichen. Die Beize muß natürlich in der vorsichtigsten Weise vorgenommen werden. Wird sie nämlich zu weit getrieben, dann tritt eine gewisse Regeneration ein und die Spannung leidet wieder, wodurch natürlich auch die Lebensdauer beeinflußt wird. Spuren von Ätznatron, die nicht beim Auswaschen entfernt worden sind, sind nicht schädlich, größere Mengen können aber zur Bildung von Schwefelwasserstoff führen, der natürlich den Faden vorschnell zerstört.

In früheren Jahren, als man noch Para von Bäumen erhielt, die 100 Jahre alt waren und als man noch die Gewißheit hatte, daß bei der Gewinnung des Paras die größte Sorgfalt aufgewandt wurde, hat man eine Lebensdauer von 20 Jahren und mehr beim Faden erreicht. Dies kann man heute auch noch finden, jedoch ist eine große Unsicherheit

in die Qualität des Para-Rohgummis dadurch entstanden, daß heute Preise dafür geboten werden, die nicht mehr die Gewinnungskosten decken können. Es hat den Anschein, daß die Milch von jungen und alten Bäumen wahllos durcheinandergeschüttelt wird und daß bei der Räucherung auch nicht mehr die alte Sorgfalt gang und gäbe ist. Hier kann natürlich auch eine richtig geleitete Beize noch allerhand ausgleichen.

Bei dem Schneidverfahren auf den großen 2-m-Trommeln und beim Schneiden mittels Messerwellen ist die Konfektion einfacher, man kann sofort mit dem Abziehen von den Schneidtrommeln beginnen. Man kann sogar hierbei die Beize vorwegnehmen und hat dann nur zu konfektionieren, was ein großer Vorteil ist. Denn durch den Transport zu und von der Beize, durch das Aufwallen der Beize werden doch immer noch die Fäden durcheinandergebracht, so daß bei der Nachkonfektion und beim Fertigmachen zusätzliche Arbeit entsteht. Diese fällt bei den großen Schneidtrommeln fort.

In Zukunft dürfte aber auch diese Arbeit ganz wegfallen, weil man heute soweit ist, daß man mit Hilfe der modernen Chemie Platten herstellen kann, die überhaupt keinen freien Schwefel mehr besitzen, also keine Beize mehr verlangen. Das wird natürlich von großem Vorteil sein, weil man dadurch die Lebensdauer der Fäden wesentlich erhöhen kann und weil überhaupt die ganze Verarbeitung einfacher wird.

Da also entweder bei den großen Maschinen der Schwefel überhaupt nicht mehr entfernt zu werden braucht oder schon entfernt ist, kann man an diesen Maschinen sofort mit der Einteilung der Ketten beginnen. Weil aber auf diese Weise Strangfäden überhaupt nicht abgenommen werden können, wird bei diesem Schneidverfahren der Strang später aus einer Kette hergestellt. Vorläufig sorgt man dafür, daß die Schneidtrommeln so schnell wie möglich wieder frei für die nächste Platte werden. Deshalb werden hier die Fäden in Ketten von 300 Fäden auch in Form eines Zopfes schnell abgenommen und kommen dann erst zur weiteren Verarbeitung. Hier kommt es jetzt zunächst darauf an, daß sämtliche fehlgeschnittenen Fäden gefunden und aussortiert werden. Dies geschieht in der Weise, daß ein solcher Zopf aus 300 Fäden auf eine Kontrolltrommel aufgewickelt wird und man nun am anderen Ende mit der Kontrolle beginnt. Dies geschieht, indem eine solche Kette, die auch wieder die beiden Kreuzbänder erhält, von dieser Trommel auf eine zweite Arbeitstrommel langsam abgewickelt wird, nachdem ein sogenannter Kamm zwischen die einzelnen Fäden gelegt worden ist. Der Kamm hat den Zweck, die Fäden soweit auseinander zu halten, daß die Arbeiterin genau erkennen kann, welcher Faden gut und welcher schlecht ist. Fäden, die irgendwie als abnormal erkannt werden, werden an der Seite aufgewickelt. Die Arbeiterin dreht nun langsam die Kette von der einen Trommel auf die andere und schiebt dabei das eine Kreuzband langsam durch die Fäden. Am Kamm sieht sie nach, ob der Faden in Ordnung ist. Diese Kontrolle ist so scharf, daß hier jeder Fehlfaden gefunden werden kann. Wenn mehrere Fäden nebeneinanderliegen, kann man hier den Unterschied von einer halben Nummer erkennen.

Sind die Fäden nun alle auf der zweiten Trommel aufgewickelt, dann ist auch das eine eingebundene Kreuzband mit an das andere Ende gelangt. Hier werden jetzt zunächst die als Fehlfäden gefundenen Fäden ausgebunden und dann die weiteren in die verlangte Fädenzahl eingeteilt. Ist Strang verlangt, dann wird für diesen Zweck jetzt zunächst eine Kette von 100 Fäden fertiggestellt. Sämtliche Ketten, die sich auf dieser Trommel dann befinden, werden hierauf wieder in Zopfform abgenommen und an dem letzten Ende in besonderer Form zusammengebunden, damit jeder weiß, an welchem Ende man wieder mit der Weiterverarbeitung anfangen muß. Auch die Ketten für Strangfäden werden so behandelt. Während die Webketten jetzt fertig sind und nur noch verpackt werden müssen, kommen jetzt die Ketten für Strang auf

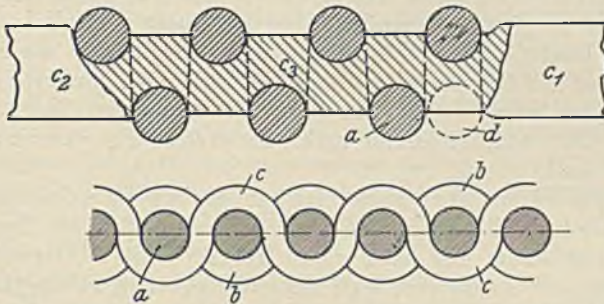


Abb. 903. Längsschnitt durch einen verwebten Gummifaden
Bindungsprinzip

Hier stellen a und d die Schubfäden dar, die sich um den Gummifaden c legen. c_1 und c_2 stellen ihn dar in ungespanntem Zustand, während c_3 zeigt, wie sich die Schubfäden in den wieder etwas eingeschrumpften Fäden legen. Die darunter befindliche Skizze zeigt dagegen, wie sich Ober- und Unterfäden um die einzelnen Gummifäden a legen. Hier sind natürlich alle möglichen Bindungen im Gebrauch, es soll nur das Prinzip einer solchen gezeigt werden

eine andere Trommel, die Klemmvorrichtungen für je 100 Fäden besitzt. Hier wird jetzt die Kette geöffnet und Fäden für Fäden mit dem Ende eingeklemmt. Dann beginnt die Arbeiterin den Faden langsam ohne jede Spannung aufzuwickeln, wobei sie dafür sorgt, daß sich auch der Zopf ohne weiteren Widerstand auflöst. Ist die Kette auf diese Weise in die einzelnen, nebeneinanderliegenden Fäden aufgeteilt, werden jetzt auf diese Trommel die beiden Enden eines jeden Fadens zusammengebunden, die Trommel wird zusammengeklappt, worauf man die 100 Fäden einzeln oder auch in Bündeln abnehmen kann.

Auch bei dieser Arbeit muß wieder ohne jede Spannung im Faden gearbeitet werden. Gibt man hierauf nicht acht, dann liegen nachher die Fäden im Strang ungleich, eine Rundlage ist lang und eine ist kurz, man kann diesen Strang nicht verarbeiten, weil man ihn kaum auseinander bekommt (Abb. 903).

Lagerung und Lebensdauer der Fäden

Wichtig für die Qualität eines Fadens ist die fernere Lagerung nach der Herstellung. Man kann einen Gummifaden ruhig in ein Papier, das

säurefrei sein muß, einschlagen und an einem kühlen Ort jahrelang aufbewahren, wie es ja auch meistens geschieht. Anders wird es aber, sowie der Gummifaden aus seiner Umhüllung genommen und damit dem Einfluß von Licht, Luft und Sonne ausgesetzt wird.

Es ist jedem Gummifadenfachmann bekannt, daß ein normaler Gummifaden bisheriger Herstellung schon nach zwei Tagen anfängt seine Lebenskraft zu verlieren, wenn er in einem stillen Winkel nur dem normalen Tageslicht im Schatten ausgesetzt wird. Diese im Vergleich zu jedem anderen Gummifabrikat überaus schnelle Zersetzbarkeit eines Gummifadens rührt daher, daß der Sauerstoff der Luft und die ultravioletten Strahlen des Lichtes eine geradezu verheerende Wirkung auf den Gummi ausüben. Es ist deshalb auch sehr erklärlich, daß die Bandweber sehr oft an Montagen ihre in den Maschinen befindlichen Fäden in großer Zahl zerrissen vorfinden. Hier ist einzig und allein das Licht die Ursache. Deshalb sollen Fäden sowohl in der Fabrik als auch beim Bandweber nur in kühlen und trocknen Räumen ohne direktes Licht aufbewahrt werden, ohne daß jedoch viel Luft durch den Raum streichen soll. Frische Luft enthält immer mehr Sauerstoff als verbrauchte oder stillstehende Luft.

Man soll die Fäden aber auch nicht in großen Paketen fest aufeinander-schichten, es soll Luft an den Faden, damit er sich der Raumtemperatur anpassen kann und sich nicht selbst erhitzt. Derartige Fälle kommen eigentlich kaum vor, weil auf die Lagerung achtgegeben wird, möglich bleibt eine Selbsterhitzung aber immer. Diese entsteht, wenn die Fäden eng gepackt bei einer Temperatur über 30° C gelagert werden. Wenn diese Selbsterhitzung auch noch nicht gefährlich ist, altert doch der Faden zu schnell.

Weißer Fäden und auch rote zeigen eine viel größere Widerstandskraft gegen die Einflüsse von Licht, Sauerstoff und Sonne, weil die bei der Mischung verwandten Bestandteile an und für sich schon gegen die Einwirkung von Sauerstoff eingestellt sind. Zinkweiß, Goldschwefel usw. sind heute als anorganische Antioxydationsmittel bekannt.

Daß die Beschleuniger nur eine gute Wirkung auf die Lebensdauer des Gummifadens haben können und daß diese überhaupt erst die Möglichkeit gegeben haben, den Faden zu verbessern und damit ihn mehr den Ansprüchen der Bandweber anzupassen, ist eine Erkenntnis der letzten Zeit. Bis dahin war das A und O des Fadenfachmanns, nur mit reinem Para und nur mit Zusatz von Schwefel zu vulkanisieren. Erst in den Jahren 1927/28 kamen die ersten Fäden, die mit Beschleuniger hergestellt worden sind. Durch die Erfindung des weißen Fadens kam der zweite und eigentliche Hauptstoß, nachdem der Rundfaden hierin den ersten Anlaß gegeben hatte. Allgemein wurde damals in Unkenntnis der Wirkung der Beschleuniger mit viel zu großen Zugaben gearbeitet und erst die Rückschläge zeigten den richtigen Weg. Heute ist ein weißer Faden auf dem Markt, der an Lebensdauer den braunen Faden bei weitem übertrifft. Mit welchen Schwierigkeiten aber der Fadenfachmann heute noch zu kämpfen hat, geht daraus hervor, daß immer noch braune Fäden verpönt sind, die unter Verwendung von Beschleunigern her-

gestellt wurden. Dadurch befindet sich der Fadenhersteller in einer gewissen Krise, denn er muß, wenn er den heute sehr weitgehenden Anforderungen der Bandweber folgen will, sich unbedingt auf die Verwendung von Beschleunigern einstellen. Damit wird dann überhaupt die ganze Charakteristik des Fadens eine andere, und zwar so weitgehend, daß sämtliche Fabriken nur noch eine Art Fäden mit einer überall gültigen Spannung liefern werden. Heute ist es leider noch so, daß ein Bandweber nur Fäden mit weicher Spannung, ein anderer nur solche mit strammer Spannung gebrauchen kann. Früher war es so, daß in jeder Fabrik, sowohl bei den Bandwebern, als auch bei den Fabrikanten, die Gummifäden erst drei Monate und länger gelagert sein mußten, weil man allgemein wußte, daß erst dann der Faden seine richtige Spannkraft hatte. Heute wird dies aber des Kapitalmangels wegen auf die Fadenfabrik abgeschoben. Deshalb halten diese ein viel größeres Lager als früher. Wenn aber einmal eine Nummer nicht auf Lager ist, dann wird auf Drängen des Webers ein frischer Faden geliefert und die Reklamation ist fertig. Die Lagerung eines Gummifadens ist also so wichtig, daß sich einsichtige Bandweber wieder auf ihre alte Gewohnheit, selbst Fäden längere Zeit einzulagern, besinnen sollten. Dieses gilt aber wieder nur für die Fäden, die ohne Verwendung von Beschleunigern hergestellt wurden. Bei der Verwendung der Beschleuniger kann man ohne Bedenken frische Fäden herausgeben, weil diese eine ganz andere Charakteristik haben und in der Dehnung nicht nachgeben, auch wenn sie sofort nach der Herstellung verarbeitet werden. Sie nehmen höchstens nach ein paar Tagen noch in der Spannung zu, erhöhen also die Qualität des Gewebes, während dies bei den anderen ohne Beschleuniger hergestellten Fäden drei Monate und länger dauert, in welcher Zeit die Ware meistens schon aus dem Haus und verbraucht ist.

Prüfung der Fäden

Die fertigen Fäden werden auf Spannung, Zerreißfestigkeit, Dehnung, Hysteresis, Lebensdauer und Widerstand gegen Aufreiben geprüft.

Unter Spannung versteht man die Anzahl Zoll, die bei Belastung eines 6 Zoll langen Fadens mit einem seiner Nummer entsprechenden Gewicht erreicht wird. Früher benutzte man für alle Fäden ein und dasselbe Gewicht, wobei dann ein normaler Faden je nach seiner Nummer auf eine bestimmte Anzahl Zoll sich ausdehnen lassen mußte, wenn er als normal angesehen werden sollte. Heute benutzt man dafür umgekehrt bei jeder Nummer ein anderes Gewicht und muß sich der Normalfaden immer auf ein und dieselbe Länge, ganz gleich welche Nummer, ausdehnen lassen. Da aber zuviel Zufälligkeiten diese Spannung beeinträchtigen können, hat sich herausgebildet, daß man über und unter dieser Länge je einen Zoll zugibt. Ist die Spannung um einen Zoll wie normal kürzer, dann ist der Faden stramm, ist er um einen Zoll länger, dann ist er weich.

Damit wird aber heute auch viel Unsinn getrieben, denn was der eine als stramm bezeichnet, sieht der andere noch als weich an, namentlich

bei den Bandwebern, und so kommt es, daß die Ansprüche an den Faden dauernd wachsen, d. h. es werden immer mehr Fäden verlangt, die stramm vulkanisiert sein müssen. Daß damit sich der Bandweber aber keine angenehme Sache wünscht, geht daraus hervor, daß ein normaler Faden, der ohne Beschleuniger hergestellt ist, gar nicht höher als ein Zoll über normal in der Spannung kommen darf. Vor einiger Zeit waren ausländische Fäden auf dem Markt, die ohne Beschleuniger hergestellt und 2 bis 3 Zoll über normal in der Spannung waren. Daß diese Fäden keine Lebensdauer haben konnten, und nach zwei Jahren schon abgestorben sein mußten, war nicht erkannt worden. Wie schon weiter oben erwähnt, darf der Gummifaden nur bis an den Kulminationspunkt der Festigkeitskurve vulkanisiert werden, sonst verliert er eben seine lange Lebensdauer. Wenn man also über die normale Spannung, die seit Jahrzehnten festliegt, hinausgehen muß, dann kann dies nur und ohne Gefahr dadurch geschehen, daß man zur vernunftgemäßen Verwendung von Beschleunigern übergeht.

Die Dehnung des normalen braunen Fadens soll bei der Zerreißgrenze das 8,4fache betragen. Dies ist auch immer zu erreichen, wenn in allen Fabrikationsphasen richtig gearbeitet wurde. Damit ist aber noch lange nicht gesagt, daß der Laie ohne weiteres einen Gummifaden auf seine Dehnung prüfen kann. Für die Prüfung in dieser Hinsicht gibt es verschiedene Methoden, die man dem Laien aber besser nicht in die Hand gibt, denn sonst wird das Durcheinander noch größer. Ohne Vorkenntnisse mißt jemand an einem Faden nur eine Dehnung vom 6- bis 7fachen, während sie tatsächlich das 8,4fache hat.

Weiße und rote Fäden erreichen in der Regel das 7- bis 8fache, was von dem Gehalt der Mischung abhängt.

Die Verwendung von Beschleunigern überdeckt diese Zahl etwas. Man kann jedoch auch hier die angegebenen Werte erreichen, muß aber immer wieder die anderen Werte in Relation bringen, sonst gibt es Rückschläge.

Die Zerreißfestigkeit ist das größte Schmerzenskind des Fachmanns, denn hier kommt nicht allein die Vulkanisation zum Ausdruck, sondern es macht sich auch sehr deutlich bemerkbar, ob der Faden richtig geschnitten ist. Ebenso haben dünne Fäden eine höhere Zerreißfestigkeit als die dickeren Nummern, weil bei den dünneren Nummern die Oberflächenspannung eine Rolle spielt. Als normal kann man bei braunen Fäden eine Zerreißfestigkeit von 1,2 bis 1,6 kg pro qmm ansehen. Weiße Fäden dagegen und auch rote kommen bis zu 2,00 kg pro qmm. Dies hat seinen Grund wieder in der Verwendung von Beschleunigern. Es sind schon Zahlen über 2,5 kg erzielt worden.

Man hat lange danach gesucht, eine einfache Methode zu finden, die die Rückzugskraft der Gummifäden zeigt und Vergleiche gestattet. Leider ist dies bisher nicht gelungen. Die Messung dieser äußerst wichtigen Kraft erfordert eine schnelle Hand und ein sicheres Auge, so daß nur wieder eine eingearbeitete Kraft diese gewiß sehr wichtige Kontrolle vornehmen kann, wenn man brauchbare Ergebnisse erzielen will. Man kommt zu ganz brauchbaren Ergebnissen, wenn man den zu

prüfenden Faden mit bestimmten Gewichten in bestimmten Zeiten belastet, die erreichten Längen markiert und dann den Faden wieder sukzessive entlastet. Die dadurch erreichten Dehnungskurven sollen möglichst dicht übereinanderliegen. Die Gradheit der beiden Kurven läßt Schlüsse auf die richtige Verarbeitung des Rohgummis in allen Sparten der Fabrikation zu und gibt namentlich im Vergleich zu Fäden anderer Herkunft die besten Anhalte.

Die Lebensdauer der Gummifäden wird durch die kontrollierte Einwirkung von Licht und Luft geprüft. Dabei schaltet aber die eigentlich natürliche Prüfung aus, bei der die Fäden einfach an eine nicht direkt von der Sonne getroffene Stelle gehängt werden. Diese Methode ist zuviel von Zufälligkeiten abhängig und kann keine zuverlässigen Werte ergeben.

Man geht deshalb hierbei in der Weise vor, daß man die dem Licht, dem Sauerstoff oder der Hitze ausgesetzten Fäden von Zeit zu Zeit prüft und dann die Abnahme der Zerreißfestigkeit in den einzelnen Zeiträumen feststellt. Da man für normale Fäden jahrelange Erfahrungsziffern besitzt, kennt man dadurch sehr genau die Lebensdauer eines geprüften Fadens.

Die Prüfung im Geerofen gibt keine zuverlässigen Resultate, weil bei dieser Prüfung die Einwirkung der Luft ausgeschaltet ist. Dagegen gibt wieder eine Apparatur, bei der die Einwirkung des Lichtes völlig ausgeschaltet ist und nur durchstreichende Luft wirken kann, bessere Resultate.

Auch die Bestrahlung mit der künstlichen Höhensonne gibt gute Vergleichswerte, wenn man die Streuung der Strahlen mit in Berechnung stellt.

Damit dürfte alles Wissenswerte gesagt sein, das in dem Rahmen einer Abhandlung über den heute noch allgemein verwandten Vierkantfaden gesagt werden kann.

Der Rundfaden und seine zukünftige Entwicklung

Es ist eine merkwürdige Tatsache, daß man schon vor hundert Jahren versucht hat, auf dem Wege über eine Spritzmaschine Rundfäden zu erzeugen. Man hat damals sicher schon erkannt gehabt, daß der Rundfaden in seiner geschlossenen Form etwas anderes darstellen würde, als ein in seinen Flanken aufgeschnittener Vierkantfaden, man kam damit aber nicht weiter, weil man die Vorgänge bei der Vulkanisation zu wenig kannte und weil die Vulkanisation selbst sofort große Schwierigkeiten bereitete, wenn man größere Mengen vulkanisieren mußte. Man kannte nämlich damals auch das Leichtbenzin noch nicht und mußte, um den Kautschuk spritzfähig zu machen, diesen mit Schwerbenzin auflösen. Dieses ließ sich aber nur sehr schwer wieder aus dem Kautschuk entfernen, wobei man entweder Blasen oder sehr weiche Fäden erhielt. Wenn man nun auch solche Fäden so weit trocken bekam, daß diese wenigstens keine Blasen enthielten, so wurde aber der Faden sofort unrund wenn er warm wurde. Deshalb ging man zunächst auf die Art

zurück, unvulkanisierte Fäden zu erzeugen, wie es schon im vorstehenden beschrieben ist. Später dagegen, als man die Wirkung einer Vulkanisation besser kennenlernte und man auch verstand, Schneidmaschinen zu bauen, ging man zum Vierkant-Schneidverfahren über; das Spritzverfahren geriet ganz in Vergessenheit. Leichten Herzens hat man das nicht getan, weil man damals schon erkannt hatte, daß eine Gummiware, wie z. B. ein Gummiring, eine bedeutend höhere Zerreißfestigkeit hatte, wenn man ihn vor der Vulkanisation aus einer unvulkanisierten Platte schnitt, als wenn er nach der Vulkanisation aus dem Vollen geschnitten wurde. Diese Erscheinung hat ihren Grund darin, daß die feinen Haarrisse, die durch das Messer in der Gummimasse entstehen, durch die Vulkanisation wieder geschlossen werden, während dies bei einer vulkanisierten Masse nicht mehr geschehen kann. Vielen Fachleuten dürfte noch bekannt sein, daß man die früher bei der Kabelherstellung benutzten Parabänder, die nicht vulkanisiert wurden, nach dem Schneiden abrollte und durch kochendes Wasser zog, um die Kanten zu schließen. Tat man dies nicht, dann rissen die Bänder derartig oft, daß eine Rentabilität überhaupt nicht mehr gegeben war.

Einen ähnlichen Zustand kennt man bei den Vierkantgummifäden. Das Schneidmesser erzeugt immer sehr feine und sehr kleine Zacken, die noch verstärkt werden, wenn man mit Tuchplatten arbeitet, bei denen sich durch die Vulkanisation das Stoffdessin im Gummi abdrückt. Man erhielt dadurch also noch mehr Höhen und Vertiefungen (s. Abb. 902).

Wenn nun ein solcher Faden durch den Webstuhl geht, wird er an allen Stellen, die eine Richtungsänderung bringen, durch den Zug auf diese gedrückt, wodurch eine starke Reibung und Ansaugung des Fadens an die Unterlage oder die Reibungsfläche eintritt. Saugt sich nun eine solche Zacke fest, oder findet sie aus irgendeinem Grunde erhöhten Widerstand, dann hat der Faden die Neigung zu reißen, wenn ihm das Gleiten über diese Stelle nicht erleichtert wird. Um diesen Übelstand soweit wie möglich zu vermeiden, wird der Faden vor dem Versand stark gepudert, wie auch der Bandweber aus demselben Grunde gerne Talkum oder eine besondere Schlichte verwendet, um den Faden zu glätten.

Ferner ist noch zu erwähnen, daß aus verschiedenen Gründen der Vierkantfaden nicht gut länger als 65 m hergestellt werden kann. Danach muß sich in vielen Fällen der Bandweber richten, während es ihm viel leichter gemacht wäre, wenn er Fäden von 1000 m und mehr zur Verarbeitung bekommen könnte.

Aus diesen Erkenntnissen heraus sind dann in den letzten Jahren Bestrebungen entstanden, wieder einen in sich geschlossenen Faden von größerer Länge zu erzielen. Je mehr man sich in dieses Problem vertiefte, desto mehr tauchte die Frage auf, warum eigentlich die runde Form des Fadens verlassen worden war. Die Frage richtig stellen, hieß sie auch beantworten: weil man keine Vulkanisationsart kannte, um Fäden von großen Längen vollkommen gleichmäßig zu vulkanisieren. Diese Frage wurde erst sehr weitgehend gelöst, als man dazu überging, nach einem Vulkanisationsmittel zu suchen, das eine Heizung in der

Bewegung gestattete. Dieses wurde schließlich in flüssigem Schwefel gefunden. Es war damals bekannt, daß in der Gummiaderindustrie zum Flicker durchgeschlagener Gummiadern eine Mischung von Schwefel mit Ozokerit in flüssigem Zustand in der Weise benutzt wurde, daß die Ader mit dem zum Flicker aufgebrauchten Gummiflecken eingewickelt und in die Flüssigkeit bei einer Temperatur von 130°C gebracht wurde. Mit der weiteren Erkenntnis, daß der flüssige Schwefel selbst schnell genug in den Gummi des Fadens eindrang, war der Weg für die Herstellung eines Gummifadens mit geschlossener Oberfläche gegeben. Und damit hat eine Entwicklung eingesetzt, deren Ende heute noch gar nicht abzusehen ist.

Die Suche nach der besten Art einer solchen Vulkanisation zeigte dann weitere Ergebnisse, und es ist wohl verständlich, wenn damals gleich der in der Luft liegende Gedanke verwirklicht wurde und man für Versuchszwecke eine Maschine konstruierte, die sofort die Vulkanisation in der Bewegung gestattete. Dies wurde dadurch möglich, daß man die unvulkanisierte Ware in dem flüssigen Schwefel solange untergetaucht hielt, wie der Gummi brauchte, um den Schwefel in sich aufzunehmen. Es wurde deshalb ein Transportband gewählt, das imstande war, die Gummimasse ohne Zerrung durch die Flüssigkeit zu bringen. Da aber der Schwefel ein spezifisches Gewicht von 2 hat und der Gummi nur ein solches von 0,96, lag nahe, die Gummimasse mit dem Band in den Schwefel einzutauchen und sie dann unterhalb des Bandes durch den Schwefelbehälter zu führen. Damit war eigentlich schon die Lösung des ganzen Problems gegeben. Die Fäden mußten aus einer Lösung ohne Schwefel gespritzt oder gepreßt werden, und dann auf einem Band getrocknet werden, worauf sie von einem zweiten Band durch den flüssigen Schwefel geleitet werden konnten. Nun gab es noch eine Schwierigkeit. Die Vulkanisationszeit in Schwefel allein dauerte genau eine Stunde. Damit war aber nicht viel anzufangen, weil das Vulkanisationsbecken viel zu große Dimensionen erhalten hätte. Deshalb bestand hier von vornherein der Zwang, mit Beschleuniger zu arbeiten. Auch diese Frage ist nach unzähligen Versuchen und vielen Mißerfolgen gelöst worden. Meines Wissens sind die auf diese Weise hergestellten Fäden die ersten gewesen, bei denen im großen Beschleuniger verwandt worden sind.

Nun muß bei diesem Verfahren zunächst für einen gleichmäßigen Kautschukteig gesorgt werden, denn die geringste Ungleichmäßigkeit drückt sich sofort in der Fadendicke aus. Es hat sich herausgestellt, daß für einen derartigen Teig Para überhaupt nicht verwandt werden kann, weil dieser zu ungleich ist und selbst das Blenden hier wie beim Vierkantfaden keinen Ausgleich schaffen kann. Die beim Para vorhandenen harten Schalen und die weichen Innenstücke verlangen für eine gleichmäßige Lösung verschiedene Mastikation, die praktisch nicht durchzuführen ist, teilweise ist der Gummi ausgetrocknet, teilweise ist er feucht, ein Teil verlangt für die richtige Quellung 1,4 kg Benzin, eine andere Partie 1,6 kg pro kg Rohgummi gerechnet, kurz und gut, die Unregelmäßigkeit in der Qualität scheidet Para sofort aus.

Dagegen bewährt sich smoked sheet und auch pale crepe erster Qualität ganz ausgezeichnet, allerdings auch nur wieder deshalb, weil hier Beschleuniger zur Verwendung kommt. Aber selbst bei diesen Sorten, die man doch als gleichmäßig ansprechen kann, wenn man sie für die Herstellung von technischen Gummiwaren verwenden will, kommen solche Unterschiede in der Härte usw. vor, daß man ohne Auswahl für die Fadenfabrikation nicht auskommen kann. Es muß auch hier geblendet werden und vor allem muß darauf geachtet werden, daß immer frische Partien zur Verarbeitung kommen. Abgelagerte Felle sind schon wieder zu ungleich geworden, da sie durch die lange Lagerung in Blöcken am Rande ausgetrocknet und verändert, dagegen auch wieder wie bei Para im Innern noch ganz frisch sind. Je frischer also hier die Ballen sind, desto besser ist es für den Arbeitsprozeß.

Da dieses Herstellungsverfahren einen Transport der gespritzten Fäden auf einem Band vorsieht und diese sich während der Transportzeit nicht verlagern dürfen, kommt als Lösungsmittel nur Benzol in Frage, weil dieses einmal schnell verfliegt und andererseits den Kautschuk während der Lösung und späteren Lagerung nicht verändert. Daraus ergibt sich dann zwangsläufig die Herstellung der Lösung wie folgt:

60 bis 70 kg unter genauer Kontrolle der Waschzeit usw. gewaschener Rohgummi wird in einen Mischknetter gegeben und je nach seiner Härte 10 bis 20 Minuten geknetet, und zwar solange, bis der Kautschuk eine Temperatur von 85° C angenommen hat. Diese Temperatur ist wichtig, weil bei Überschreitung derselben eine Strukturänderung eintritt, die später unrunde Fäden ergibt.

Ist die richtige Temperatur, die durch ein Thermometer festgestellt werden muß, erreicht, dann muß die Maschine sofort unter Kühlung gesetzt und gleichzeitig sofort der Benzolbehälter soweit aufgedreht werden, daß nur eine genau pro Viertelstunde festgelegte Menge durch angebrachte Verteilerrohre auf den Gummi tropfen kann. Die absolute Herunterkühlung der Maschine ist äußerst wichtig, damit man durch die gleichbleibende Temperatur eine Fehlerquelle ausschaltet. Das Maß der Benzolzugabe muß auch dauernd auf einem Nenner bleiben, weil ein Zuviel den Gummi in der Maschine rutschen läßt und ein Zuwenig die Mastikation fortsetzt, die ja vermieden werden soll. Die Zugabe von Benzol dauert natürlich dadurch Stunden, hat aber wieder das Gute an sich, daß dadurch eine gleichmäßige Verteilung im Knetter erreicht wird, wie es anders nicht möglich ist. Wenn nun das für die Lösung bestimmte Benzol bis auf eine gewisse Restmenge eingearbeitet ist, dann muß die Viskosität der Lösung gemessen werden. Da auf die angegebene Art die Temperatur der Lösung dauernd gleichmäßig bleibt, kann man die Viskosität sofort in der Maschine messen. Dies geschieht, indem man die Zeit mißt, die ein mit Marken versehener schwerer Stab gebraucht, um von dem einen Kennzeichen bis zum anderen in den Teig einzusinken. Je nachdem, ob nun die Normalzeit erreicht ist oder nicht, läßt man weiter Benzol zutropfen oder dieser Vorgang ist beendet. Es hat sich gezeigt, daß diese Methode vollkommen genügende Resultate gibt.

Die Schwierigkeiten fangen auch hier erst an, wenn es sich darum handelt, den Beschleuniger in einer Verteilung unterzubringen, die beim Faden gleichmäßige Vulkanisation ergibt. Daß sich hier die Schwierigkeiten potenzieren, dürfte weniger bekannt sein. Zunächst scheiden alle Beschleuniger aus, die sich in Benzol lösen, weil sie gleichzeitig die Lösung mehr oder weniger gelatinieren. Man kann nämlich die Lösung nicht sofort, wenn sie aus dem Knetter kommt, verarbeiten, sondern muß diese noch einer Reifezeit von mindestens 48 Stunden unterwerfen. Sämtliche Lösungen, die mit einem benzollöslichen Beschleuniger hergestellt sind, sind dann für die Verarbeitung nicht mehr brauchbar.

Nichtlösliche und pulverförmige Beschleuniger scheiden auch aus, weil sie sich nicht weitgehend genug verteilen lassen. Auch der Weg über ein masterbatch ist nicht gangbar, weil die Eigenart der Lösung die feine Verteilung nicht gewährleistet und auch der in einer solchen Vormischung enthaltene Gummi sonstige Schwierigkeiten verursacht. Es bleiben also nur die Beschleuniger, die mehr oder weniger Wasser enthalten und sich mit Alkohol verdünnen lassen. Daraus entsteht dann wieder eine neue Schwierigkeit, nämlich die, daß die Verteilung gar nicht so leicht ist, wie man annimmt. Um zu einem guten Resultat zu kommen, muß nämlich die Lösung aus einem solchen Beschleuniger mit Alkohol gleichzeitig während des Zutropfens des Benzols zugegeben werden, und zwar auch wieder in Tropfenform, damit jeder Tropfen Zeit findet, sich zu verteilen. Läßt man dies geschehen, während kein freies Benzol vorhanden ist, dann bleibt, wie vorbeschrieben, der Beschleuniger wieder wegen seiner Affinität am Rohgummi hängen und läßt sich dann unter keinen Umständen mehr so weitgehend wie nötig verteilen. Ist dagegen Benzol vorhanden, dann schmiert dieses vermöge seiner Lösungskraft auf den durch den Knetter gebildeten Puppen und nimmt langsam in sich den Alkohol und damit gleichzeitig den Beschleuniger auf. Hier muß aber auch wieder mit Maß gearbeitet werden, weil ein bißchen Zuviel sofort die Puppen ins Rutschen bringt und damit natürlich auch in demselben Moment die gleichmäßige Verteilung unterbindet. Wenn man so sagen darf, das Einmischen von Beschleunigern in Knetern ist die Groteske der Einmischung von Beschleunigern auf dem Walzwerk, sowie es sich darum handelt, eine bis ins feinste getriebene Verteilung zu erreichen. Daß diese Verteilung für Rundfäden viel weiter gehen muß, als für Fäden, die auf Streichmaschinen hergestellt werden, leuchtet sicher ein, wenn man bedenkt, daß die Streichmaschine für sich auch wieder Ungleichmäßigkeiten im Teig ausgleicht, während dieses beim Rundfaden nicht der Fall sein kann, da der Faden in einem sofort fertiggestellt werden muß.

Aus diesen Erörterungen geht hervor, daß die heute am Markt befindlichen Beschleuniger noch lange nicht das sind, was der Fadenfachman verlangen muß. Heute ist immer noch für den Kenner feststellbar, daß selbst die weißen Fäden Unterschiede zeigen, die nur auf die nicht gleichmäßige Untermischung von Beschleunigern zurückzuführen sind. Daran ändert sich nichts, wenn auch die Fäden für die Praxis brauchbar

sind. Andererseits berechtigt aber auch die Kenntnis dieser Dinge zu der Hoffnung, daß eines Tages ein Spezialbeschleuniger auftauchen wird, der das Ideal der Fadentachleute sein wird.

Da aber ferner noch gar nicht abzusehen ist, wohin die Entwicklung der Beschleuniger führt und da andererseits die Ansprüche an den Gummifäden immer größer werden, dürfte wohl nicht zuviel gesagt sein, wenn man die weitere Entwicklung der Vierkantfäden in dem Streichverfahren sieht. Noch vor Jahresfrist war es verpönt, Gummifäden in irgendeiner Webart in heißem Waschwasser zu behandeln, heute kann man schon Bänder usw. bekommen, die einen derartigen Prozeß mehrere Male ohne weiteres aushalten. Das ist aber wieder nur der Verwendung von Beschleunigern und Alterungsschutzmitteln zu verdanken.

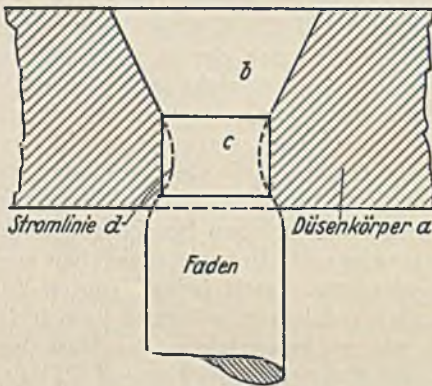


Abb. 904. Querschnitt einer Düse

An dieser Stelle sei noch eine Erfahrung mitgeteilt, die leider bei dem beschriebenen Verfahren keine Verwendung mehr gefunden hat, die aber wichtig genug ist, um allgemein bekannt zu werden. Da die Verwendung der Beschleuniger beim Rundfaden damals so große Schwierigkeiten machte und andererseits die Beschleuniger nicht bekannt waren, die sich in Wasser lösen und durch einfaches Kochen zur Wirkung gebracht werden können, sind unzählige Versuche gemacht worden, um

hier eine andere Lösung zu finden. Diese kam auch gelegentlich ans Tageslicht, und zwar durch die Entdeckung, daß sich flüssiger Schwefel mit dem zur Verwendung gelangenden Beschleuniger auch ohne Gegenwart von Gummi verband und daß diese Bindung genau so schnell vulkanisierte, wie dann, wenn der Kautschuk nur den Beschleuniger enthielt und durch flüssigen Schwefel geführt wurde.

Farbstoffe und Zinkweiß dürfen natürlich auch nicht in Pulverform zugegeben werden. Diese müssen auch wieder in Form eines Teiges, also mit Benzol vermischt, zugegeben werden, damit sie durch die dadurch erreichte Schmierung sich fein verteilen.

Die für die Rundfäden fertiggestellten Lösungen müssen nun unbedingt 48 Stunden reifen. Damit aber die Bodenkälte und die Raumtemperatur an der oberen Kante der Teigbehälter nicht eine verschiedene Viskosität der Lösung hervorrufen, ist es richtig, die Lösungsbehälter, wenn gefüllt, in einem Raum aufzubewahren, der vollkommen gleiche Temperaturen hat. Da man sich dabei nicht auf die Eigenwilligkeit der warmen Luft verlassen kann, muß die Aufbewahrung in warmem Wasser, das genau kontrolliert und automatisch geregelt ist, geschehen. Hier zeigt sich auch am besten der Unterschied der Lösungsmittel. Bei Verwendung von Benzol erholt sich der Kautschuk von der Mastikation

innerhalb weniger Stunden, bei Benzin dagegen tritt eine weitere Zerstörung des Gummis ein, und wenn sogar etwas Toluol vorhanden ist, entsteht eine Lösung, die für alle anderen Zwecke gut ist, aber unwendbar für Gummifäden wird, weil der Gummi sich nicht mehr richtig verfestigt.

Temperaturschwankungen, ungleiche Reifezeit usw. wirken sich so stark aus, daß Unterschiede von einem Zoll Spannung im fertigen Faden glatt nachzuweisen sind.

Sind aber alle diese Vorarbeiten glücklich überwunden, dann gelangt nach der Reife der Teig in die Presse. Da man bei der Herstellung auf die große Gleichmäßigkeit den größten Wert gelegt hat, ist bei der Presse jetzt Bedingung, daß diese an keiner Stelle irgendwie den Teig

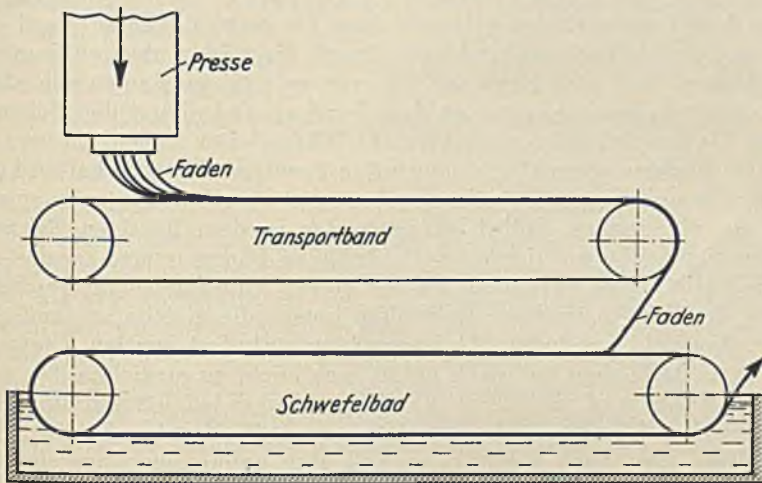


Abb. 905. Prinzip einer Gummifädenpresse

mehr erwärmt als an einer anderen. Wie schon erwähnt, geschieht die Formung der einzelnen Fäden durch Düsen. Da eine Pressung von etwa 40 kg in einer Stunde erledigt sein muß, wenn es sich um einen mittleren Faden handelt, ist eine solche ungleichmäßige Erwärmung unerträglich, wenn man in einem Arbeitsgang sämtliche Fäden mit einem Durchmesser erzeugen will. Aus diesem Grunde muß der Preßzylinder gut heizbar sein und außerdem auch der Kopf der Presse. Dieser hat dementsprechend eine ganz besondere Konstruktion, damit die Wärme möglichst gleichmäßig an die Düsenhalter gebracht werden kann. Da Schwankungen in der Wärmeverteilung auch vermieden werden müssen, geschieht hier die Übertragung der nötigen Wärme durch warmes Wasser. Das Verfahren, die Fäden durch Düsen zu drücken, ist so weit getrieben worden, daß 1500 Fäden von 0,5 mm Durchmesser in einem Arbeitsgang erzeugt und auch weitergeführt werden können (Abb. 904 und 905). Selbst der Austritt dieser vielen Fäden ist so gleichmäßig, daß alle Fäden vollkommen in einer Höhe von der Düse auf das darunter

durchlaufende Band gelangen und sie sind so gespannt, daß sich das dazwischengeblasene Talkum um die Fäden setzt, ohne den einen oder andern Faden unnötig zu belasten.

Das nach der Pressung noch vorhandene Benzol verschwindet aus dem Faden innerhalb ganz kurzer Zeit und macht es sich, wenn gut Luft abgesogen wird, in keiner Weise unangenehm bemerkbar. Um den Fäden aber nach der Verdunstung noch weitere Ruhe zu gewähren und um ihnen Zeit zum Einkriechen zu geben, wird das Transportband so lang wie möglich genommen. Hierdurch wird auch erreicht, daß alle diejenigen Fäden, die irgendwie nicht normal geworden sind und einen Fehler aufweisen, durch die Spannung, die durch das Einspringen entsteht, zerreißen und was des Abfalls wegen sehr wichtig ist, vor der Vulkanisation aussortiert werden können.

Von dem Transportband gelangen dann die guten Fäden auf das Band, das das Schwefelbecken durchläuft. Damit die Fäden aber vollkommen ruhig liegen, läuft dies Band mit 3% vor, so daß der Faden sich etwas längt. Er liegt dann aber gut an dem Band an und nimmt den Schwefel gut an. Da der Schwefel ein schlechter Wärmeleiter ist und da man die Hitze im Becken automatisch dauernd in gewissen Grenzen halten kann, ist hier die unbedingte Gewähr gegeben, daß eine Charge genau so ausfällt wie die andere. Selbst Wärmenester in dem flüssigen Schwefel können sich nicht auswirken, weil sämtliche Fäden immer wieder dieselben Verhältnisse vorfinden. Da bei dieser Anordnung die Geschwindigkeit des Bandes im Schwefelbecken immer die gleiche ist, muß, der Fadenstärke entsprechend, die Temperatur geändert werden. Diese beträgt 1° C nach oben und nach unten, was leicht zu erreichen ist.

In der Regel wird mit 135° C gearbeitet, wobei bei Verwendung eines mittleren Beschleunigers die Durchgangszeit 20 Minuten beträgt. Man kann diese aber auch steigern, so daß eine vollkommen ausreichende Vulkanisation innerhalb 8 Minuten erreicht wird.

Hinter dem Schwefelbad wird der erkaltete Schwefel durch eine Brechvorrichtung vom Faden genommen, worauf dieser sofort in eine Beize wandert, die den restlichen, an der Außenfläche haftenden Schwefel abnimmt. Da hier nur der Außenschwefel abgebeizt werden muß, im Faden selbst sich aber nur gebundener Schwefel befindet, kann die Beizdauer auf eine Viertelstunde beschränkt sein. Dann folgt noch ein Wasserbad, um die hängengebliebene Beize zu entfernen, eine kurze Trockenstrecke folgt, um den Faden weiter handlich zu machen und hierauf kann er auf Trommeln aufgewickelt werden. Damit nun die Weiterverarbeitung wieder in den Erfahrungsregeln ohne Störung vor sich gehen kann, wird geteilt, und zwar kommt je ein Drittel der ankommenden Fäden auf eine Trommel. Die weitere Konfektion ist dieselbe wie bereits beschrieben.

Bei diesem Verfahren ist erreicht worden, daß die Formgebung vor der Vulkanisation stattfindet. Dadurch ist auch die größere Zerreißfestigkeit eines Rundfadens bedingt, gleichzeitig auch die größere Widerstandskraft bei der Verarbeitung und in der fertigen Ware. Der Rundfaden hat keine scharfen Kanten mehr, er kann sich besser anschmiegen

und geht besser durch den Webstuhl. Seine Zerreißfestigkeit liegt im Mittel bei 2,3 kg pro qmm.

Es ist oft behauptet worden, daß der Rundfaden sich im Gewebe nicht fest genug binden lasse und in der Ruhe langsam durch das Gewebe krieche. Das ist nicht der Fall. Es ist ja natürlich, daß der Rundfaden ein anderes Gebilde ist, darauf muß man sich aber einstellen und sind die Erfolge dann auch gut.

Man darf auch nicht außer acht lassen, daß ein Vierkantfaden einen Querschnitt von D^2 besitzt, während ein und dieselbe Nummer tragender Rundfaden, der also D als Durchmesser besitzt, nur einen Querschnitt von $\frac{\pi D^2}{4}$ aufweist, in runden Zahlen also gerechnet nur 80% des Querschnittes vom Vierkantfaden gleicher Nummer hat. Das ist aber ein Unterschied von 20%.

Daraus ergibt sich dann die Vergleichstabelle, die sich in der Praxis als richtig erwiesen hat:

Ein 56er Vierkantfaden	entspricht dem	52er Rundfaden,	
„ 54er	„	„	50er
„ 52er	„	„	48er
„ 50er	„	„	46er usw.

Der Unterschied beträgt praktisch immer also vier Nummern, wenn man auf dasselbe Gewicht arbeitet. Da aber der Rundfaden mehr hergibt, als ein Vierkantfaden, hat sich ergeben, daß eine Ersparnis von 8% erzielt werden kann. Oder vice versa, man kann, wenn man Rundfäden verwendet, mit einer stärkeren Nummer arbeiten, hat dann dasselbe Gewicht an Fäden im Band und eine bessere Ware. Auch die Fllung eines Bandes wird dadurch bedeutend besser und das herzustellende Dessin kommt viel kräftiger zum Vorschein als beim Vierkantfaden.

Schlußwort

Das vorerwähnte Verfahren, Rundfäden herzustellen, fand sein Ende bzw. seine Ablösung durch den Rundfaden aus Latex, der an einer anderen Stelle des Buches beschrieben wird.

Wenn man nun kritisch die vorerwähnten Verfahren betrachtet und sie dem heute in der technischen Gummi-Industrie Erreichten vergleicht, dann erkennt man, daß die Gummifaden-Industrie wegen der in dieser Branche unumgänglich nötigen Feinheiten im Mischungswesen und in der Herstellung jetzt erst beginnt, das Versäumte langsam nachzuholen und daß sie noch vollständig in der Entwicklung nach der modernen Seite hin begriffen ist. Diese dürfte sich in den nächsten Jahren wohl in folgender Weise abspielen:

Zunächst wird die Verwendung von Para ganz verschwinden.

Dann wird kaum noch ein Faden ohne Beschleunigerzusatz hergestellt werden.

Die Verwendung von Alterungsschutzmitteln wird allgemein, der Gummifaden wird allgemein waschbar und erhält eine viel größere Widerstandskraft gegen atmosphärische Einflüsse.

Der Rundfaden erhält mehr und mehr Freunde, ohne damit sagen zu wollen, daß der Vierkantfaden ganz ausgeschaltet wird. Die Herstellungsart des Rundfadens wird sich ändern. Heute ist man noch dabei, diesen in seinem gewünschten Durchmesser in einem Arbeitsgang durch eine Düse zu produzieren. Da hierbei aber die Schwankungen im Durchmesser nie aufhören werden, wird nichts anderes übrigbleiben, als die Rundfäden auf demselben Wege zu erzeugen, auf dem heute Kunstseide hervorgebracht wird, man wird einen Faden aus vielen feinen Fäden zusammensetzen, und damit die Ungleichmäßigkeiten in den Bohrungen im Druck und in der Viskosität usw. usw. ausgleichen. Ob dieser Zukunftsfaden aber aus Latex oder aus einer regulären Gummilösung hergestellt werden wird, das ist noch nicht klar. Jedes der beiden Rohmaterialien hat seine Vorzüge, es kommt darauf an, welche Form desselben sich am besten meistern läßt und welches Material am meisten hergibt. Heute hat der Rundfaden aus Latex noch eine zu kurze Dehnung.

Welche Vulkanisationsart dabei gewählt werden kann, ist noch eine Frage der Zeit.

Sowie aber erst einmal diese Frage geklärt ist, wird auch die Zeit nicht mehr fern sein, wo der einzelne Faden nach Gewicht und nicht mehr nach Maß gekauft wird. Denn ein Rundfaden, ähnlich wie Kunstseide hergestellt, kann tausende von Meter lang hergestellt werden. Ein Ausmessen würde viel zu viel Zeit und Scherereien verursachen, weil jeder anders mißt. Den richtigen Aufschluß gibt nur die Länge und das Gewicht. Dann wäre aber auch die Zeit gekommen, nur noch bestimmte Nummern herzustellen, und nicht wie heute, jedem Wunsch zu willfahren.

IT - PLATTEN

VON DR.-ING. HEINRICH PAHL, DUSSELDORF

Unter It-Platten versteht man Dichtungsplatten, die im wesentlichen aus Asbest und einem Bindemittel, das hauptsächlich aus Kautschuk besteht, hergestellt werden.

Die um die Jahrhundertwende ständig wachsenden Anforderungen der Technik an Dichtungsmaterialien konnten auf die Dauer mit den bis dahin üblichen Gummidichtungen mit und ohne Einlage nicht mehr befriedigt werden. Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit verlangten nach einem Material, das den Belangen der Industrie in allen Teilen Rechnung trug: der It-Platte.

Wie bereits erwähnt, ist der Hauptbestandteil der It-Platte Asbest. Es sei daher an dieser Stelle auf diesen wichtigsten Rohstoff näher eingegangen.

Asbest — Geschichte des Asbestes

Die erste Erwähnung des Asbestes reicht bis in das Jahr 430 v. Chr. zurück. Wir verdanken sie den Aufzeichnungen des Pausanias (*Ἑλλάδος περιηγήσεις*). Er berichtet, daß der Bildhauer Kallimachos an dem Standbild der Athene auf der Akropolis eine goldene Laterne anbrachte. Der Docht dieser bestand aus unverbrennbarem karpasischen Steinflachs. Wie Pausanias hält auch Plinius den Asbest für eine Pflanze. Letzterer schreibt in seiner *Historia naturalis* (lib. XIX) von unverbrennlichem Steinflachs, aus dem Tischtücher und Laken gefertigt wurden. Letztere fanden bei der Feuerbestattung Verwendung, um die Asche der Leichen von der Holzasche leicht trennen zu können. Noch mannigfaltig sind die Erwähnungen des Asbestes in der späteren Zeit; doch stets war es ein kostbares Material, das teilweise teurer als Gold war und nie eine industrielle Bedeutung erlangte. Erst in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts schritt man zur großtechnischen Verarbeitung des Asbestes, befruchtend beeinflusst durch die enormen Fortschritte im Dampfmaschinenbau und nicht zuletzt durch die Entdeckung der riesigen Asbest-Lagerstätten in Kanada (Quebec) in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts, die neuer Absatzgebiete bedurften.

Chemische Eigenschaften

Die mannigfaltigen Variationen und Spielarten des Asbestes (Amiant) lassen sich der chemischen Zusammensetzung nach in zwei große Klassen teilen: in Hornblendeasbest (Amphibol) und Serpentiniasbest (Chrysotil). In beiden Fällen handelt es sich um Magnesiumsilikate, deren Magnesium teilweise durch andere zweiwertige Metalle, wie Eisen, ersetzt ist.

Diese beiden Asbestsorten zeigen gegenüber chemischen Agenzien ein sehr unterschiedliches Verhalten. Dies erklärt sich aus dem Verhältnis von Base zu Säure. Hornblendeasbest hat die chemische Zusammensetzung $(MgO)_4(SiO_2)_4$, wobei, wie oben erwähnt, Magnesiumoxyd durch Eisenzweioxyd, Kalziumoxyd oder dergl. ersetzt werden kann. Das Verhältnis von Base zu Säure ist hier also 1 : 1; und hieraus ist seine große

Beständigkeit gegen Säuren zu erklären. Dem Serpentinasbest kommt die Formel $(MgO)_3(SiO_2)_2 \cdot 2H_2O$ zu. Das Verhältnis Base zu Säure ist hier 3 : 2; hinzu kommt der beträchtliche Gehalt an chemisch gebundenem Wasser. Die Widerstandsfähigkeit selbst gegen verdünnte Säuren ist daher relativ gering.

Trotzdem kommen für die It-Plattenfabrikation, abgesehen von einigen Spezialfällen, ausschließlich Serpentinasbeste in Frage. Der Grund hierfür liegt einmal in der weitaus größeren Hitzebeständigkeit, andererseits in der überlegenen Biegsamkeit und Geschmeidigkeit der Serpentinasbeste gegenüber den Hornblendeasbesten.

Entstehung des Asbestes und seine Fundstätten

Über die Entstehung des Asbestes ist uns Sicheres nicht bekannt. Wir müssen uns hier auf Theorien stützen. Hervorgegangen sind die Asbeste durch eine uns unbekannt gebliebene Umwandlung aus Serpentin



Abb. 906. Gesteinsstück mit Asbestadern

und Hornblende. Es würde über den Rahmen dieses Buches hinausführen, näher auf diese Theorien einzugehen.

Asbest ist in allen Ländern der Erde gefunden worden; doch sind die meisten Vorkommen nicht abbauwürdig. Der Weltbedarf an Asbest wird deswegen heute fast ausschließlich von den drei Hauptfundstätten für Serpentinasbest gedeckt: Kanada (Quebec), Rußland (Ural, Sibirien) und Südafrika (Rhodesien, Transvaal). Auch Australien besitzt in seinem Inneren ausgedehnte Lagerstätten eines vorzüglichen Asbestes; doch ist der Abbau hier wegen der hohen Transportkosten bis zur Küste bei niedrigem Weltmarktpreis unwirtschaftlich.

Vorkommen

Das Muttergestein für den Serpentin- oder Chrysotilasbest ist, wie schon der Name besagt, der Serpentin. Dieser ist durch Metamorphose aus dem Olivin entstanden, der vulkanischen Ursprungs ist. In dem Ser-

pentin liegen die Asbestbänder eingebettet. Da das vulkanische Urgestein stark verworfen ist, laufen sie nicht horizontal, sondern sind in jeder Schräge anzutreffen. Ihre Länge ist sehr verschieden und erreicht oft 100 m. An einigen Stellen, vor allem im Ural, findet man sogar Adern von mehreren 100 m. Bis zu welcher Tiefe die Asbestvorkommen reichen, ist heute noch nicht einwandfrei festgestellt. Die Bohrungen sind bis zu 300 m Tiefe vorgenommen worden, wo man noch gleich hochwertige Faser angetroffen hat.

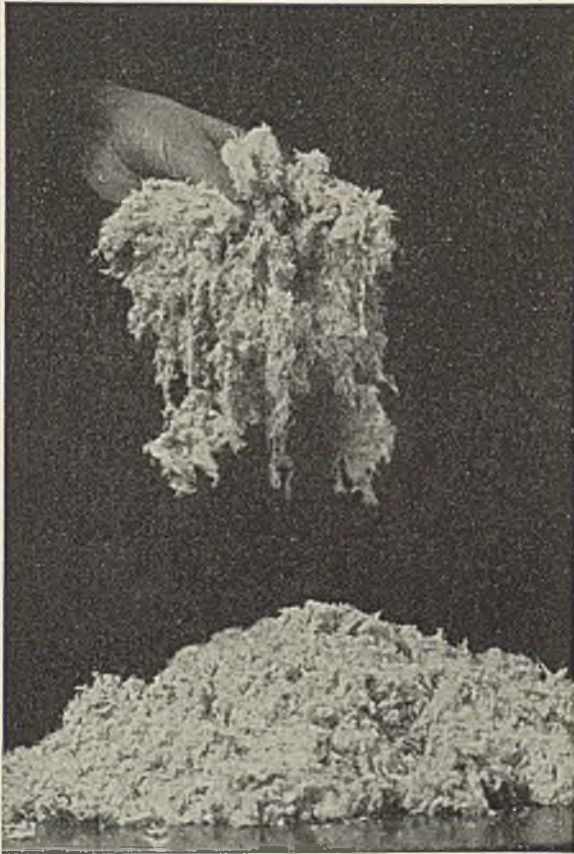


Abb. 907. Geöffnete Faser

Die Asbestadern liegen in dem Gestein meist eng zusammen und laufen parallel zueinander (Abb. 906). Oft spalten sie sich aber auch in mehrere kleinere Adern oder vereinigen sich und bilden größere. Ihre Dicke ist sehr verschieden und schwankt zwischen dem Bruchteil eines Millimeters und 6 bis 8 cm. Die kleineren bilden die weitaus größte Mehrzahl. Adern über 1 cm Dicke sind selten, so daß die längeren Fasern besonders wertvoll sind.

Die Richtung jeder einzelnen Asbestfaser im Gestein ist in der Regel senkrecht zur Richtung der Asbestbänder, so daß die Faserlänge mit der Banddicke identisch ist. Infolge der vielen Verwerfungen kommt es aber auch öfters vor, daß die Fasern in der Längsrichtung der Gesteinsspalten liegen. Man nennt diese dann »slip fibre«. Sie scheinen besonders lang zu sein, während sie in Wirklichkeit nur ineinandergeschachtelt liegen.

Der Asbest kann bei den größeren Adern meist leicht vom Fels gelöst werden, bei den kleineren haftet er aber fast immer so fest, daß er vollkommen mit dem Gestein verwachsen zu sein scheint. Im frischen Bruch ist die Farbe des Asbestes so, daß man die Adern kaum von dem umgebenden Gestein unterscheiden kann. Sie ist etwas grün bis dunkelgrünblau oder leicht gelb. Werden die Adern aber einige Zeit den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt, so erscheinen sie weiß.

Auch die geöffnete Faser sieht rein weiß aus. Sie hat einen seidenen Glanz und ist von einer Feinheit, die weit größer ist als die der Baumwolle (Abb. 907).

Gewinnung

Der Asbest wurde bis vor kurzem fast ausschließlich im Tagebau gewonnen. Im Ural und auch in Rhodesien wird der Abbau mehr in Terrassen betrieben, in Kanada war dagegen bisher der offene Tagebau charakteristisch (Abb. 908). Dieser hat dort teilweise die große Tiefe von 150 m erreicht. Aus technischen Gründen hat man deswegen hier Ende der zwanziger Jahre sowie neuerdings auch in Südafrika mit dem Untertagebau begonnen (Abb. 909). Da dieser sich gleichzeitig als wirtschaftlicher erweist, wird man wohl immer mehr dazu übergehen.

Die Arbeit in der Mine besteht darin, in das außerordentlich harte Gestein Bohrlöcher zu treiben. Zwei- bis dreimal am Tage wird gesprengt. An Ort und Stelle wird dann das Gestein zunächst in taubes und faser-



Abb. 908. Gesamtansicht einer Asbest

haltiges Material sortiert. Freiliegende große Adern, die den sogenannten Crudeasbest darstellen, werden von Hand herausgeholt und gehen gesondert zur Weiterverarbeitung, um diese wertvolle Faser möglichst zu schonen. Das faserhaltige Gestein wird mittels großer Drahtseilwinden (Abb. 910) oder auf schiefer Ebene zur Mühle gefördert, während auf demselben Wege das taube Gestein zur Halde gelangt.

Aufarbeitung der Crudefaser

Die Crudestücke (Abb. 911) werden in einem besonderen Raum der Mühle geschafft. Dort werden sie von Hand von etwa noch anhaftenden Felsstücken mittels eines kleinen Hammers gesäubert (Abb. 912) und in zwei Qualitäten sortiert: Crude I, hierzu gehören alle Stücke mit Fasern über 18 mm Länge, und Crude II, dieser enthält die Stücke mit Fasern von 7,5 bis 18 mm Länge.

Alle kürzeren Fasern resp. das die kürzeren Fasern enthaltende Gestein werden in der Mühle maschinell aufgearbeitet.

Aufarbeitung des faserhaltigen Gesteins

Langjährige Erfahrungen waren nötig, um die heutigen guten Arbeitsmethoden zur Trennung der Faser vom Gestein auszuarbeiten. Das Hauptaugenmerk mußte darauf gerichtet sein, die nur in geringem Prozentsatz im Gestein enthaltene wertvolle lange Faser bei dem umfangreichen Aufarbeitungsprozeß möglichst zu schonen.

Das faserhaltige Gestein wird einem Zerkleinerungsprozeß unterworfen. Dieser wird solange fortgesetzt, bis das ganze Gestein zu Sand vermahlen ist. Dabei wird nach jeder Einzeloperation die freigewordene Faser abgesaugt und der entstandene Sand entfernt. Die Zahl und die Reihenfolge der hintereinander zu schaltenden Maschinen richtet sich



(King Mine, Thetford, Canada)

ganz nach der Härte des Gesteins. Diese ist selbst bei den einzelnen Fundstellen von Ort zu Ort verschieden. Es kann hier somit nur ein Schema der Reihenfolge der Einzeloperationen und der dazu benutzten Maschinen gegeben werden.

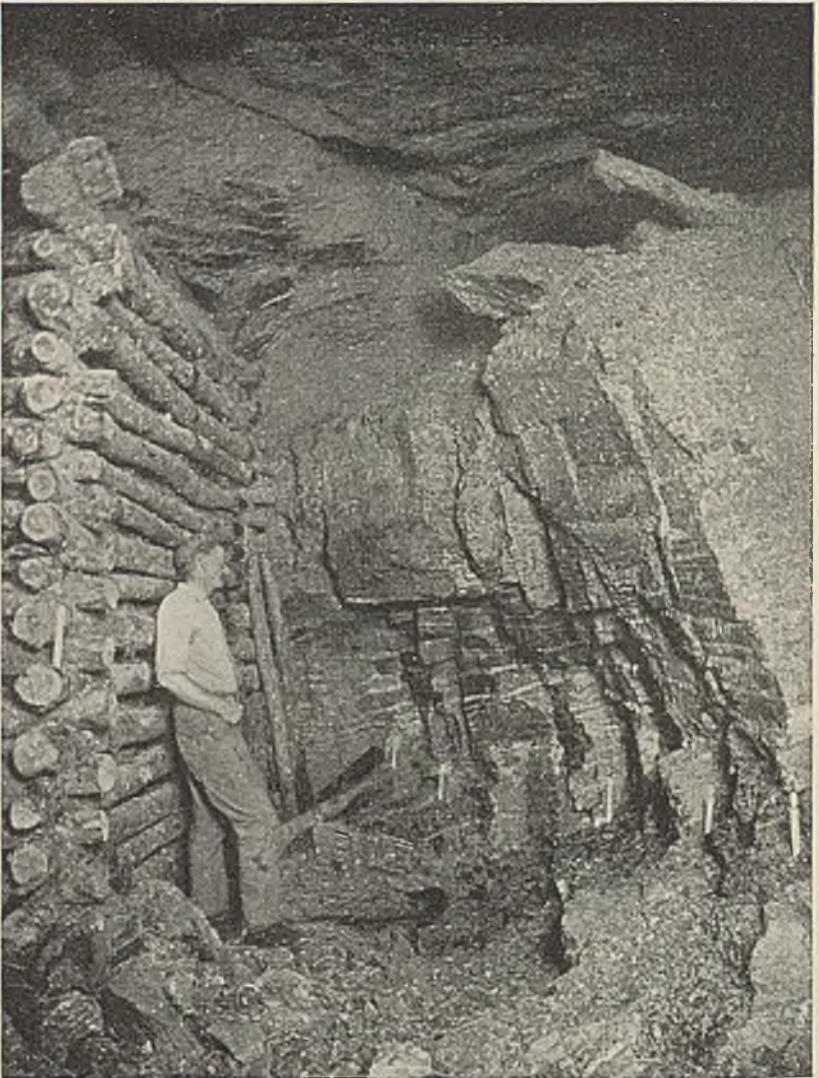


Abb. 909. Untertagebau auf einer südafrikanischen Grube

Die aus der Grube geförderten faserhaltigen Gesteinsmassen, unter denen sich noch Blöcke von $\frac{1}{2}$ m im Durchmesser befinden, werden zunächst in einem starken Brecher zerkleinert. Am meisten in Benutzung ist der sogenannte jaw-crusher (Abb. 913). Dieser besteht aus einem

starken Stahlgußgestell mit einer festen und einer beweglichen Backe (Abb. 914). Die letztere wird mittels Kniehebel gegen die feste Backe bewegt und zertrümmert so das dazwischenliegende Gestein. An einigen Stellen wird heute auch ein rotierender Brecher benutzt, der sogenannte gyratory crusher (Abb. 915).

Von dem Brecher gelangt das Material auf ein Transportband, wo noch Crudestücke von Hand aussortiert sowie Holz- und Eisenteile entfernt werden. Meistens wird danach das Gestein noch ein zweites Mal gebrochen, bis die einzelnen Stücke eine Größe von 5 bis 10 cm im Durchmesser haben. Diese wandern dann zum Trocknen.

Das Gestein kommt feucht aus der Grube. Besonders im Winter — der z. B. in Kanada sehr streng und lang ist — haften ihm ziemliche Mengen Schnee und Eis an. Für den weiteren Aufarbeitungsprozeß zur

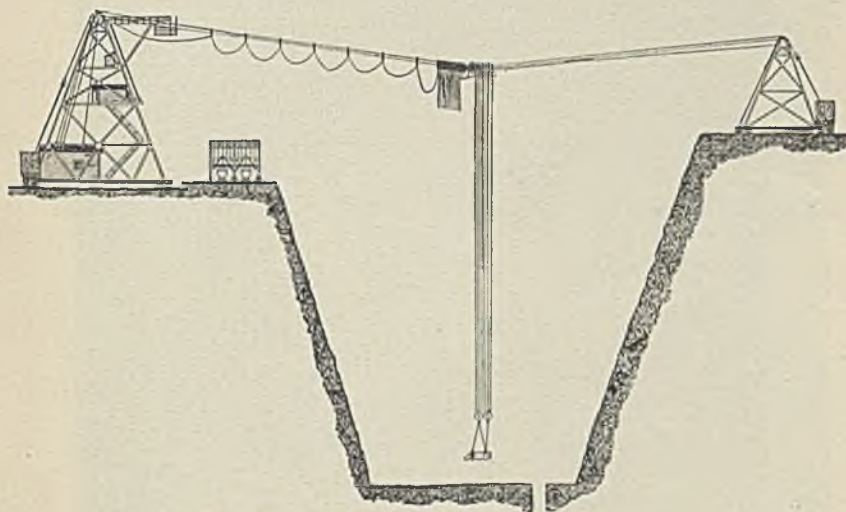


Abb. 910. Schema eines Kabelkranes

Gewinnung der Faser ist aber ein trockenes Material unbedingt nötig. Benutzt werden zum Trocknen horizontale Drehöfen (Abb. 916), in einigen Fällen auch vertikale Standöfen.

Das trockene Gestein wird mittels Transportbänder in lange Lageräume — storage bins — geschafft und dort so verteilt, daß das Verhältnis von an Faser reichhaltigem und armem Gestein über die ganze Länge des Lagers möglichst gleich ist. Diese Speicher sind sehr groß und können bis zu 25 000 t fassen. Sie werden nach unten auf Transportbänder entleert, die das Gut dann zur eigentlichen Mühle befördern.

In der Mühle wird nun durch einen langwierigen Aufarbeitungsprozeß das Gestein von Stufe zu Stufe weiter zerkleinert und hierbei die Asbestfaser vom Gestein getrennt und geöffnet. Neben kleineren Brechern werden hierzu heute hauptsächlich zwei Maschinentypen benutzt: der jumbo und der torrey cyclone.

Der jumbo (Abb. 917) besteht aus einem horizontal liegenden Zylinder, der mit Stahlplatten ausgelegt und mit gußeisernen Böden versehen ist. In ihm rotiert eine Welle mit gehärteten Schlägern. Diese tragen an ihren Enden Hämmer aus Manganstahl. Die Schlagarme und Hämmer sind etwas verdreht auf der Welle angebracht, damit das Material automatisch und kontinuierlich durch den Zylinder hindurchgefördert wird. Die

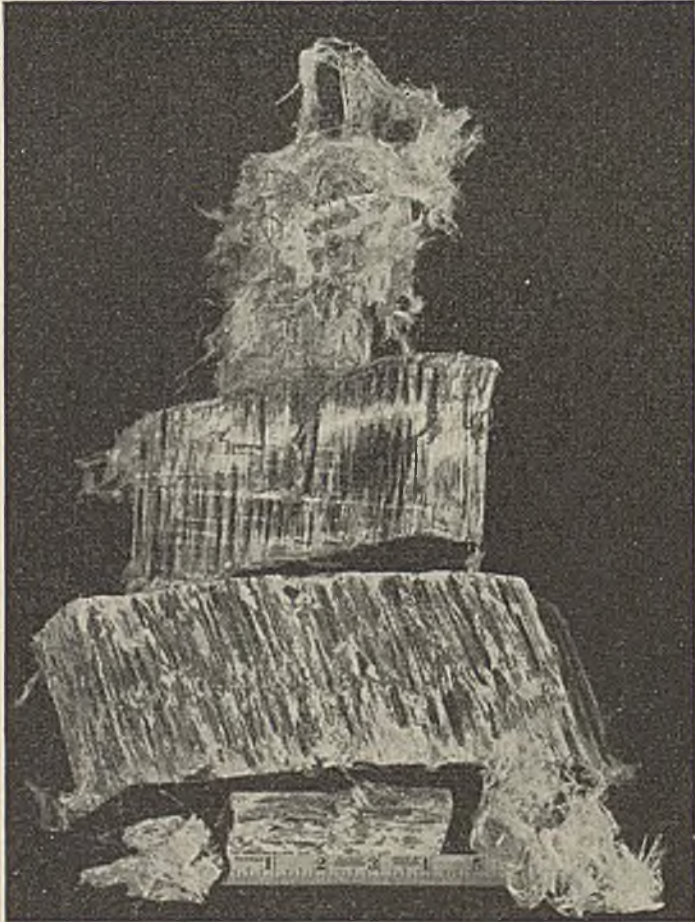


Abb. 911. Crude-Asbest-Stücke (canadischer Crude I)

Tourenzahl hängt von der Größe und Art des Gesteins ab. Sie ist geringer je kleiner die Gesteinsteile sind.

Der torrey cyclone ist eine ähnliche Maschine in vertikaler Anordnung. Das Material fällt hier durch sein Eigengewicht. Der Zylinder ist durch schräge Bleche in mehrere Abschnitte geteilt. Diese Bleche bringen das Material immer wieder zur Mitte. Der Vorteil dieser Maschine besteht

darin, daß die Faser mehr geschont wird, da die Zerkleinerung der Steine und die Auflockerung der Faser mehr durch Reibung gegeneinander und gegen die Zylinderwandungen erfolgt als durch die Schläge der Hämmer. Infolgedessen ist auch der Kraftverbrauch geringer. Die gebräuchliche Tourenzahl ist 800 Touren pro Minute.

Zur möglichst großen Schonung der Faser läßt man das Material nach einem jeden Zerkleinerungsvorgang durch die beschriebenen Maschinen ein Rüttelsieb (Abb. 918) passieren. Durch dieses wird der entstandene

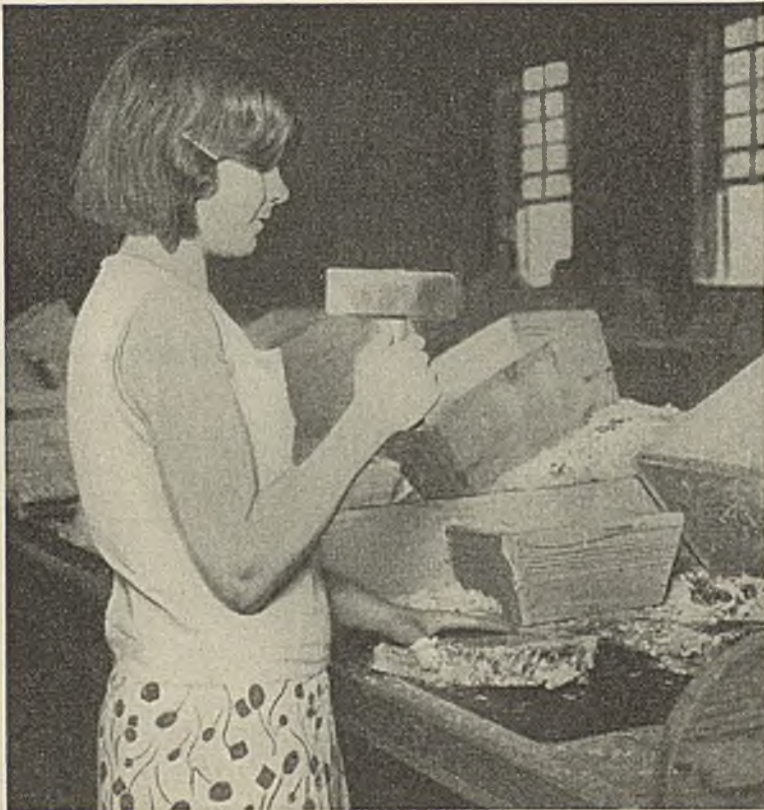


Abb. 912. Aufarbeiten der Crudestücke von Hand

Sand entfernt. An seinem unteren Ende wird die freigewordene Faser abgesaugt, während das restliche Gestein herunterfällt und der nächsten Zerkleinerungsmaschine zugeleitet wird. Dieser Vorgang wird solange fortgesetzt, bis das ganze Gestein zu Sand zerschlagen ist und somit auch die kürzesten Fasern freigelegt sind und abgesaugt werden können.

Die abgesaugte Faser von jedem einzelnen Sieb oder auch von einer bestimmten Anzahl Sieben wird in einen Sammelbehälter, Cyklon, gefördert. Der Luftstrom hierzu wird in einem Exhaustor erzeugt, der hinter dem Cyklon angebracht ist. Von einem besonders hierfür geschulten In-

genieur wird der Luftdruck in den Absaugevorrichtungen so reguliert, daß in den Cyklonen selbst atmosphärischer Druck herrscht. Hierdurch setzt sich die Faser im unteren Teile der Cyklone ab, während nur der Staub oben abgesaugt wird.

Luft und Staub werden in einen großen Raum, der oft in Kubikmetern größer ist als die ganze übrige Mühle, gedrückt. Dort fällt der Staub — floats — zu Boden, wo er gesammelt und entfernt werden kann. Die Luft entweicht durch Filterschläuche in die Atmosphäre.

Die im Cyklon gewonnene Faser wird auf flachen oder in rotierenden Sieben nach ihrer Länge in drei Sorten getrennt. Diese Siebe

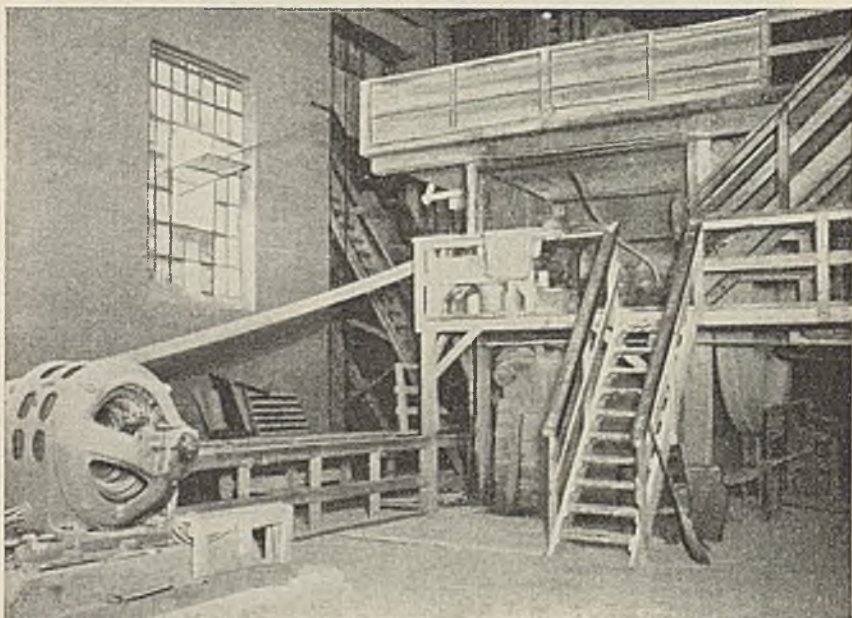


Abb. 913. Großer Gesteinsbrecher — jaw-crusher
(Johns-Manville, Danville, Canada)

haben auf der ersten Hälfte engere Maschen als auf der zweiten Hälfte. Die kürzere Faser fällt durch die feineren Maschen, die mittlere durch die größeren, während die lange Faser am Ende der Siebe abgesaugt wird.

Die durch die Sortiersiebe hindurchgefallene Faser wird auf weiteren Sieben (Abb. 919) nochmals von Sand gereinigt und am Ende dieser Siebe abgesaugt. Noch ungeöffnete Faser wird am unteren Ende der Siebe gesammelt und zur Aufschliebung wieder dem Zerkleinerungsprozeß zugeführt.

Die abgesaugten Fasern werden wieder in Cyklonen gesammelt. Sie fallen von diesen in einen Lagerraum und werden hier eingesackt.

Durch geeignete Mischung der von den einzelnen Sieben erhaltenen Fasern kann man die verschiedensten Sortierungen erhalten. Die Mühlen

haben es somit weitestgehend in der Hand, den vielseitigen Wünschen der weiterverarbeitenden Industrie gerecht zu werden.

Kanada besitzt die modernsten und größten Mühlen, die eine stündliche Leistung bis zu 200 t erreichen. Nach ihrem Vorbild werden jetzt auch die neuen russischen Mühlen gebaut.

Faserausbeute

Der Fasergehalt des in den Gruben gebrochenen Gesteins, besonders der Gehalt an den längeren Fasern ist nicht nur zwischen den einzelnen

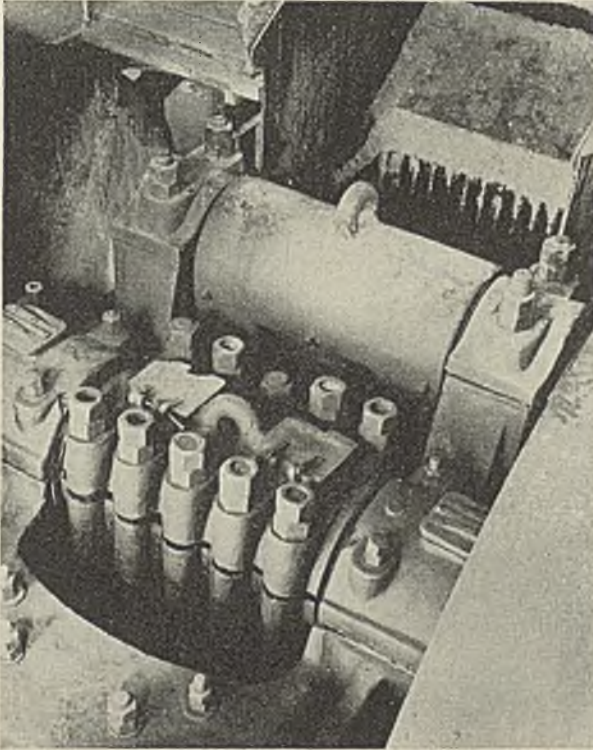
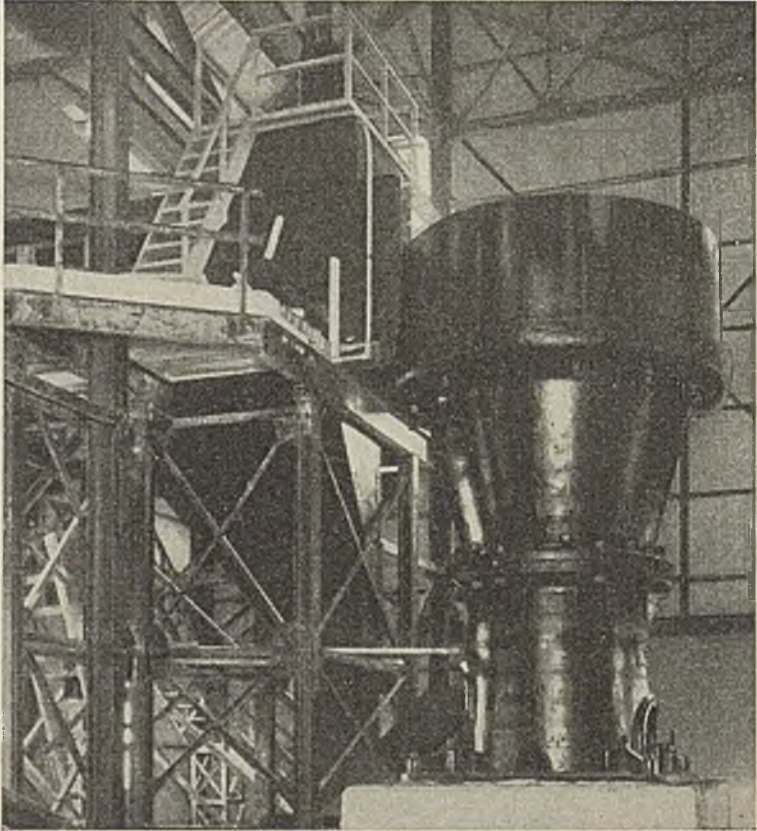


Abb. 914. Beschickungsöffnung eines jaw-crushers
(42" groß)
(King-mill, Thetford, Canada)

Fundstätten, sondern auch hier wieder von Mine zu Mine sehr verschieden. Selbst auf ein und derselben Mine wird zu gewissen Zeiten ein hoher Prozentsatz an langer Faser gewonnen, zu anderen Zeiten dagegen nur ein sehr geringer. Von der Gesamtförderung werden durchschnittlich 20%, bei gut geleiteten Minen allerdings oft auch erheblich mehr, als totes Gestein direkt zur Halde geschafft; der Rest wandert zur Mühle. Die Ausbeute an Fasern ist verhältnismäßig gering. Sie beträgt bei den kanadischen Minen im Durchschnitt 5%, bei den Gruben im

Ural sogar nur 2 bis 4% der gesamten Förderung. Um einen Überblick über die Anteile der verschiedenen Faserlängen zu bekommen, seien in der folgenden Tabelle die prozentualen Anteile der Hauptsorten an der Gesamtproduktion der kanadischen Minen für das Jahr 1928 wiedergegeben:



*Abb. 915. Gyratory-Crusher
stündliche Leistung 500 t — Kraftbedarf 150 PS
(Johnson-mill, Thetford, Canada)*

0,3% Crude I,
1,2% Crude II,
5,0% Spinnfaser,
12,8% Schieferfaser,
28,8% Pappfaser,
51,9% ganz kurze Faser.

Über die Länge einer Faser gibt der Siebttest Auskunft, der weiter unten erläutert wird. Spinnfaser hat einen Siebttest über 0-8-6-2, Schie-

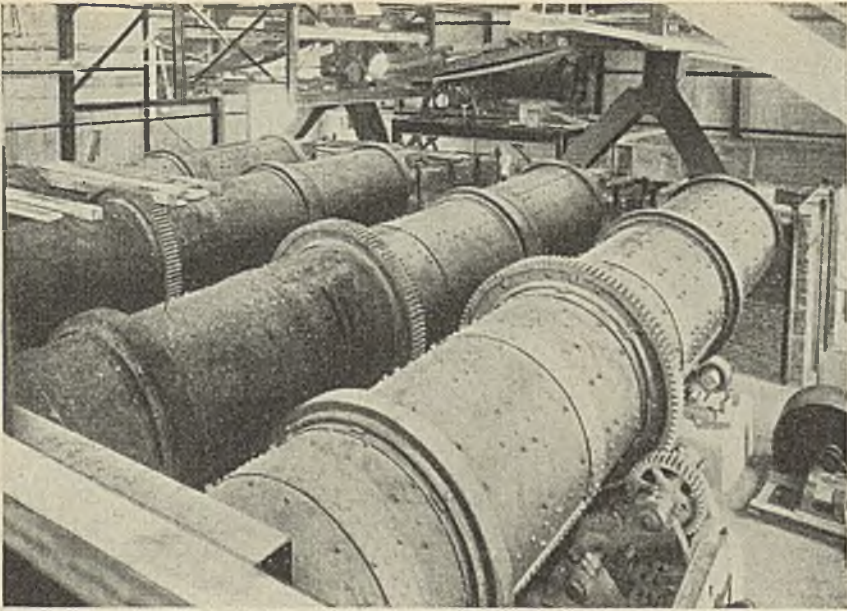


Abb. 916. Drehöfen zum Trocknen des faserhaltigen Gesteins
(Johnson-mill, Thetford, Canada)

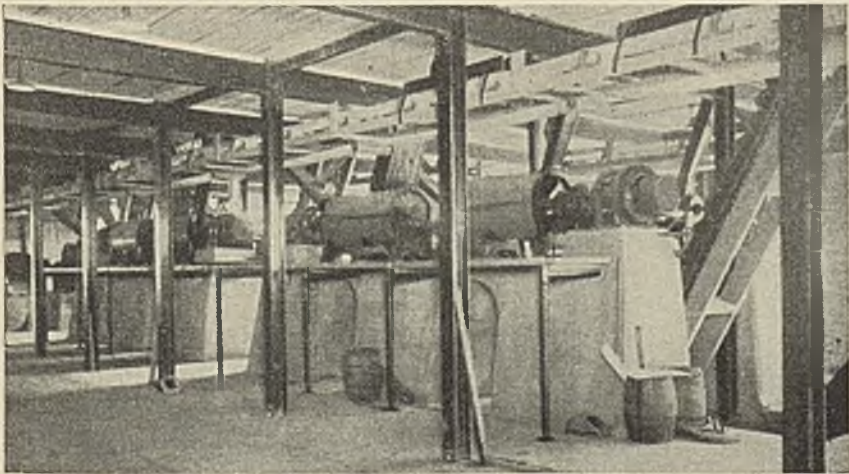


Abb. 917. Zerkleinerungsmaschinen — Jumbos
(Johnson-mill, Thetford, Canada)

ferfaser zwischen 0-8-6-2 und 0-1,5-9,5-5, Pappfaser zwischen 0-1,5-9,5-5 und 0-0-8-8.

Die Produktion der wichtigsten Fundstätten (in Tonnen) ist in der nachfolgenden Tabelle für den Zeitraum von 1900 bis 1981 zusammengestellt.

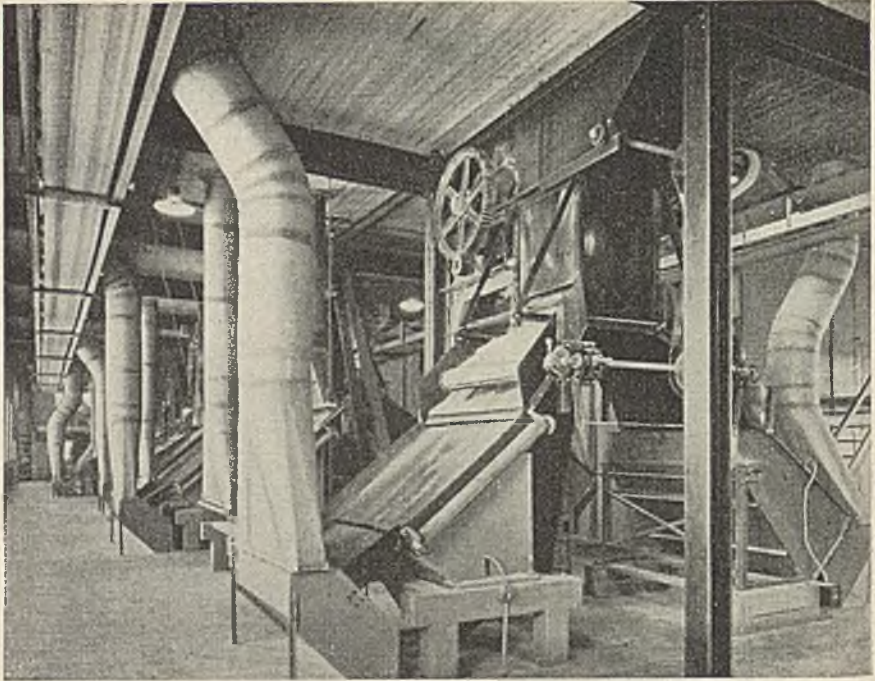


Abb. 918. Rüttelsiebe zum Trennen der Faser vom Gestein und Sand

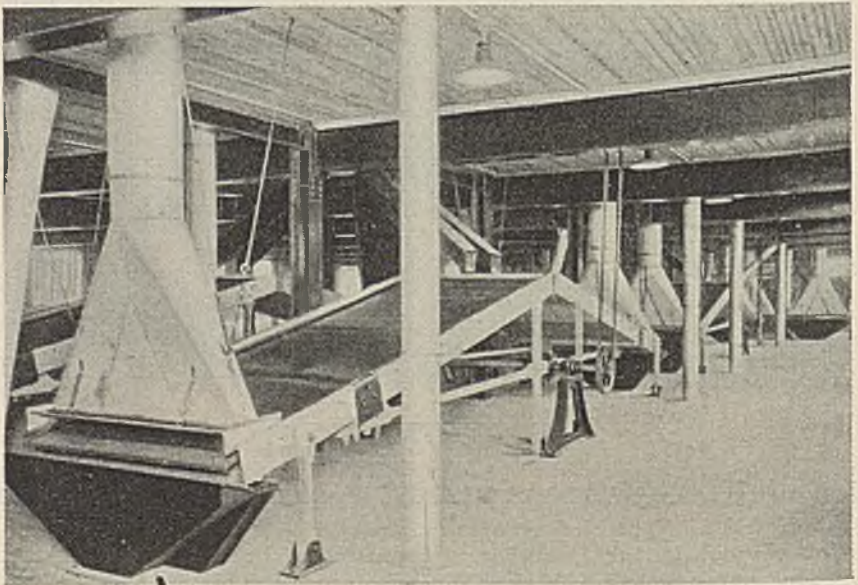


Abb. 919. Rüttelsiebe für das letzte Reinigen der Asbestfaser

	1900	1905	1910	1915	1920	1925	1930	1931
Canada	20.000	50.000	70.000	105.000	180.000	275.000	220.000	150.000
Rußland	2.500	6.000	10.000	—	2.500	9.000	50.000	60.000
Süd-Afrika			250	2.000	15.000	30.000	50.000	35.000

Prüfung der Asbestsorten

Die hier beschriebene Prüfmethode und der dazu benutzte Apparat ist auf den meisten Minen und in der Industrie als Norm anerkannt.

Die Maschine besteht aus vier hölzernen Kästen, 24,5" (Zoll) lang, 14,75" breit und 3,5" hoch. Die Kästen werden aufeinandergesetzt und von oben nach unten gezählt. Die drei oberen Kästen haben Böden aus Drahtsieben, und zwar Kasten 1: $1\frac{1}{2}$ " Maschenöffnung und 0,105" Drahtdurchmesser; Kasten 2: 4 Maschen auf 1" und 0,063" Drahtdurchmesser; Kasten 3: 10 Maschen auf 1" und 0,047" Drahtdurchmesser. Die vier Kästen werden auf einem Tisch befestigt, der durch einen Exzenter von $25\frac{1}{32}$ " Radius in eine Rüttelbewegung versetzt wird. Die Tourenzahl der Exzenterwelle beträgt 300 in der Minute (Abb. 920).

Um eine Asbestsorte zu prüfen, werden 16 ounces (= 0,4536 kg) Asbest auf das obere Sieb gegeben und dieses dann zugedeckt. Die Rüttelvorrichtung wird für genau 2 Minuten = 600 Touren in Bewegung gesetzt. Hiernach werden die in jedem Kasten zurückgebliebenen Fasern

gewogen. Die langen Fasern sind auf dem obersten Sieb geblieben, die kürzeren auf das zweite oder dritte Sieb durchgefallen, während die ganz kurzen sich im unteren Kasten befinden. Ihre Gewichte in ounces in der Reihenfolge der Kästen hintereinander geschrieben, ergeben den Siebttest. Zum Beispiel der Siebttest einer Spinnfaser 4-7-4-1 besagt, daß man 4 ounces Asbest auf dem ersten, 7 ounces auf dem zweiten, 4 ounces auf dem dritten Sieb und 1 ounce in dem unteren Kasten bei der Prüfung erhält. Je mehr Fasern in dem ersten und je weniger in dem unteren Kasten zurückbleiben, um so besser und wertvoller ist natürlich die Qualität.

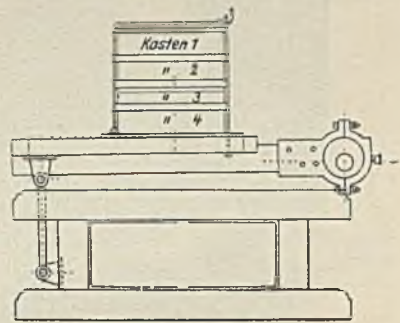


Abb. 920. Standard-Maschine zum Prüfen der Asbestsorten

Fabrikation der It-Platten

Öffnen der Asbestfasern in der It-Platten-Fabrik

Unter den mannigfaltigen Sortierungen und Mischungen des Asbestes kommen für die It-Plattenfabrikation fast ausschließlich die längeren Fasern, und zwar für die hochwertigen Platten Crudefasern, sonst in der Hauptsache die langen Spinnfasern in Frage. Kurze Fasern werden lediglich als Füllmaterial oder für billige Platten verwendet.

Crudesorten, die ja auf der Mine noch nicht aufgeschlossen sind, müssen zunächst in einem Kollergang soweit vorbearbeitet werden, daß keine ausgesprochenen Asbeststeine (Crudestücke) mehr vorhanden sind. Der Kollergang besteht aus einer großen gußeisernen Schale und einer Läuferachse, an der zwei schwere Hartgußläufer drehbar angeordnet sind. Die Achse — oder die Schale — wird in langsame Rotation versetzt. Hierdurch rollen die beiden Walzen auf dem Boden der Schale und quetschen die Asbeststeine, so daß sich das taube Gestein und der Serpentsand vom Fasermaterial lösen und letzteres aufgelockert wird. Die fremden Gesteinsteile fallen durch kleine Löcher im Schalenboden.

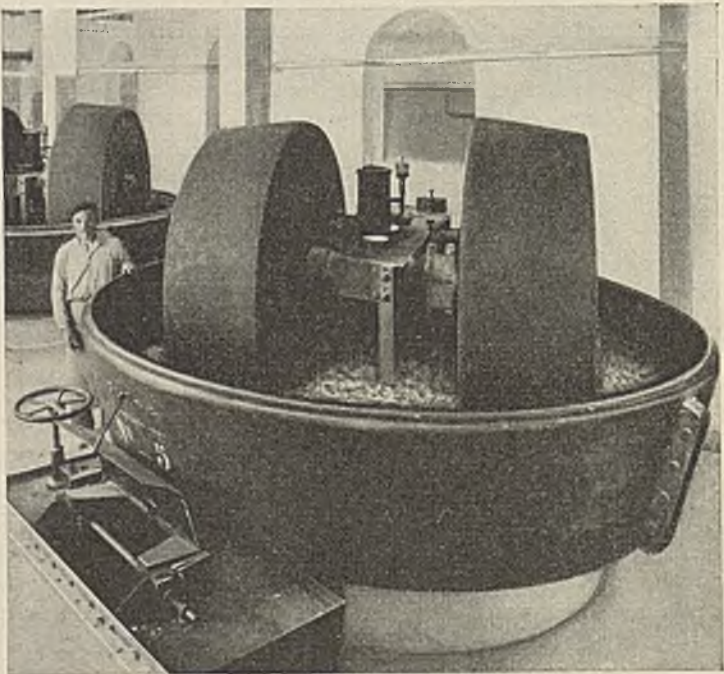


Abb. 921. Kollergang

Durch ein Schaufelwerk wird das Kollermaterial immer wieder durchgearbeitet, bis es zum nächsten Aufarbeitungsgang geeignet ist (Abbildung 921).

In diesem Zustande werden die übrigen Asbestsorten schon von den Minen geliefert. Trotzdem bedürfen alle noch einer weiteren sorgfältigen und gewissenhaften Aufarbeitung, bevor sie dem Mischprozeß zugeleitet werden können. Denn von dem Grad der Auflockerung hängt die innige Verfilzung sowie die rasche und gründliche Imprägnierung der Faser mit Kautschuk ab, die wieder für die Qualität der It-Platte von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Zur weiteren Aufschließung dient an erster Stelle der Vertikalöffner, der in seiner Konstruktion dem in den Minen verwendeten torrey cyclone

ähnlich ist. Der hohlkegelförmige Mantel des Öffners besteht aus Rostflächen. Die Schläger sind spiralig an der vertikalen Welle angeordnet, die mit 1000 bis 1100 Touren in der Minute rotiert. Durch die Schläge der Flügel sowie die Reibung der Fasern untereinander und an den Wandungen wird diese bei größter Schonung weitestgehend geöffnet. Sand und ganz kurze Faser können durch die seitlichen Roste entweichen. Der in einem Ventilator erzeugte Luftstrom saugt die Faser nach oben und weiter gegen ein Trommelsieb, wo sie sich absetzt und dann von einem Lattentransportband nach außen befördert wird (Abb. 922).

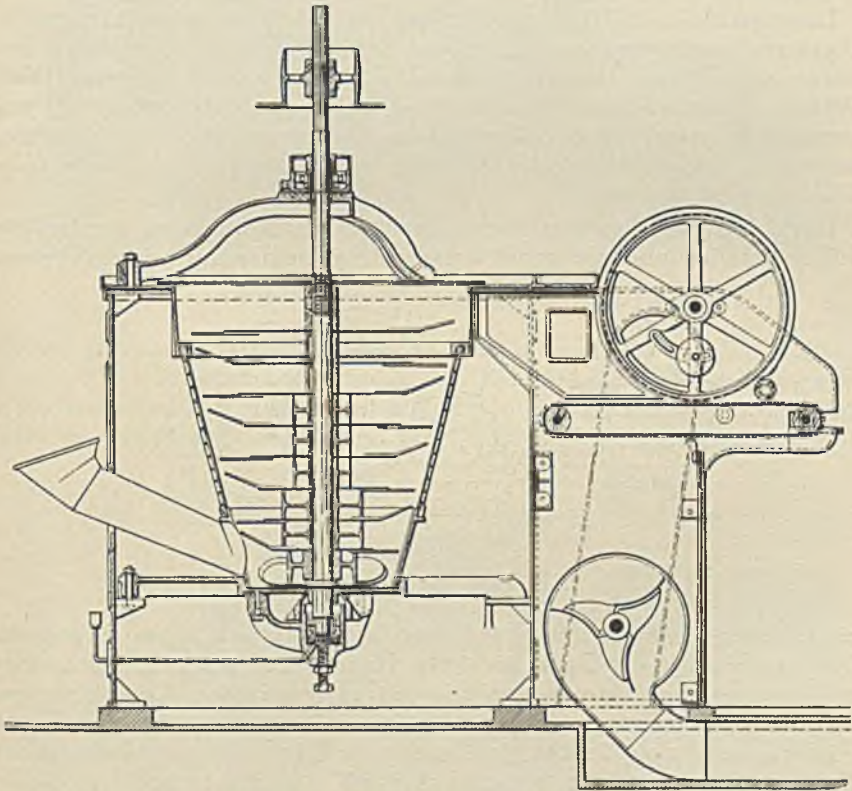


Abb. 922. Schnitt durch einen Vertikalöffner

Genügt die Auflockerung im Öffner noch nicht, so kann die Faser weiter in einem Asbestkrepel gelockert werden. Dieser ist dem in der Baumwollindustrie verwandten Krepel ganz ähnlich. Durch einen automatischen Speiseapparat wird das Material gleichmäßig den Vorreißwalzen zugeführt. Von diesen wird es durch die Arbeiter- und Wenderwalzen auf den Tambour übertragen. Dieser sowie die Walzen sind mit Kratzen, d. h. feinen, knieförmig gebogenen Stahlzähnen beschlagen. Durch letztere wird die Faser gekämmt, durch den Volant gehoben und dann vom Peigneur abgenommen. Auf dieser Maschine läßt sich nun je

nach der Anzahl der eingeschalteten Arbeiter- und Wenderwalzen jeder gewünschte Grad der Lockerung der Faser erreichen (Abb. 923).

Herstellen der It-Masse

In geeigneten Rührwerken vertikaler oder horizontaler Bauart, wie sie seit langem auch in der Gummi-Industrie bekannt sind, wird zunächst eine Gummilösung hergestellt. Als Lösungsmittel dient fast ausschließlich Benzin; doch kann auch jedes andere, leicht flüchtige Kautschuk-Lösungsmittel verarbeitet werden.

Die eigentliche It-Masse wird in besonderen Rührwerken hergestellt. Diese sind auch wieder entsprechend den Erfahrungen eines jeden Betriebes verschieden. Bevorzugt werden Rührwerke mit drei horizontalen Wellen, die mit Armen versehen sind und langsam gegeneinander rotieren. Um keine toten Stellen an den Seitenwandungen zu erhalten, kann man die Drehrichtung aller Wellen von Zeit zu Zeit ändern (Abbildungen 924 und 925).

Nach dem Einfüllen der Gummilösung in das Mischwerk werden die Füllmaterialien und die sonst notwendigen Beimischungen zugegeben.

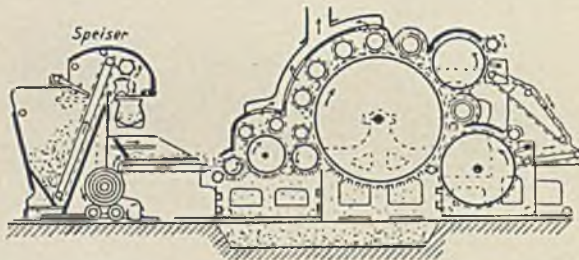


Abb. 923. Asbest-Krempel

Sind diese gut verrührt, wird mit dem Einstreuen von Asbest begonnen. Dies geschieht in der Regel nicht von Hand, sondern im Interesse einer möglichst gleichmäßigen Verteilung mit automatischen Asbeststreuern. Das Wesentliche dieser Maschine ist ein mit spitzen Stiften besetztes Förderband, das nur immer eine bestimmte Menge Asbest mitnimmt. Ist die ganze Asbestmenge eingegeben, muß der Rührprozeß so lange fortgesetzt werden, bis die einzelnen Fasern innigst miteinander verfilzt und mit Kautschuk ganz umkleidet sind. Erst wenn keine sogenannten Asbestnester (trockene Asbeststellen) mehr vorhanden sind, ist der Vorgang beendet.

Seine Dauer ist je nach der Mischung sehr verschieden. Reine Asbestmischungen benötigen eine längere Laufzeit als Mischungen, die vorwiegend Abfälle enthalten.

Während des Mischvorganges tritt mitunter eine erhebliche Erwärmung ein. Man läßt daher zweckmäßig die Mühle erst einige Zeit auskühlen, bis die It-Masse lauwarm geworden ist, bevor man diese in geeignete Behälter entleert. Ein zu tiefes Abkühlen erschwert sehr das

Entleeren, da die Mischung dann zu hart wird, so daß man gerne einen geringen, durch die höhere Temperatur bedingten Verlust an Benzin mit in Kauf nimmt.

Die Zusammensetzungen der It-Mischungen werden naturgemäß streng geheim gehalten. Es können daher an dieser Stelle nur annähernde An-

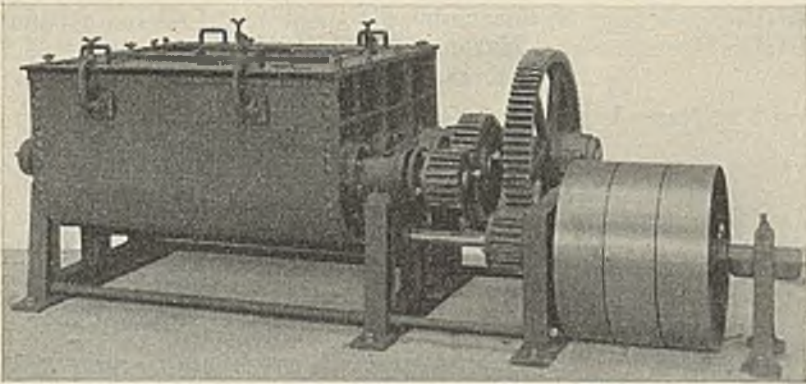


Abb. 924. It-Rührwerk (geschlossen)

gaben gemacht werden, die jedoch vollauf genügen, um den Aufbau einer It-Mischung zu charakterisieren. Der Kautschukgehalt schwankt zwischen 10 und 15%. Der Asbestanteil beträgt 65 bis 85%. Außerdem wird als porenfüllendes Material meist Schwerspat verwandt; doch sind

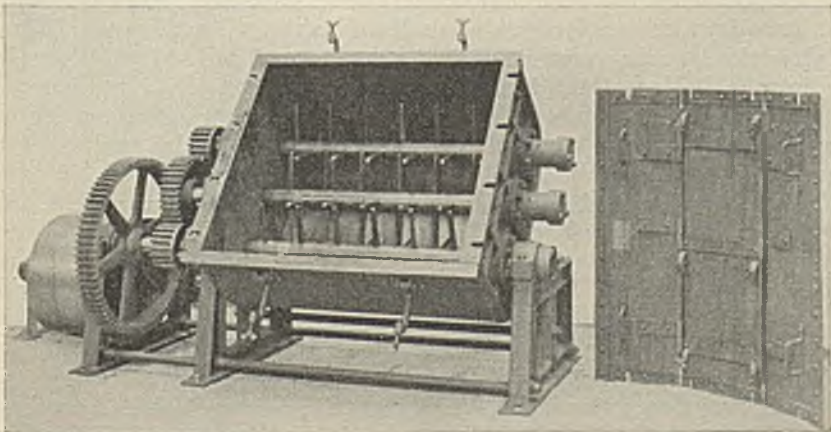


Abb. 925. It-Rührwerk in Entleerungsstellung

auch andere Füllmaterialien gebräuchlich. In den meisten, nicht in allen Fällen, setzt man der Mischung noch Schwefel und die übrigen, zur Vulkanisation nötigen Bestandteile zu, wodurch eine bessere Lagerung und Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse erzielt wird.

Im folgenden sind zwei prinzipielle Mischungsformeln aufgeführt:

Gummi	15,0%
Asbest	85,0%

Gummi	11,0%
Schwefel	0,2%
Magnesia usta	1,0%
Spat	7,8%
Asbest	80,0%

Auf 1 kg Masse kann man ungefähr 1 kg Benzin rechnen.

Herstellung der halbfertigen Platte

Die Herstellung der eigentlichen It-Platte vollzieht sich auf großen Walzwerken, die entweder Kalanderanordnung besitzen, d. h. zwei übereinander liegende Walzen, oder auch, wie dies bei den neueren Maschinen der Fall ist, zwei hintereinander liegende Walzen haben. Von den beiden Walzen ist die eine durch Dampf geheizt, während die andere durch Wasser gut gekühlt wird. Auf der heißen Walze setzt sich bei dem Arbeitsprozeß in dem Maße, wie das Lösungsmittel verdampft, die It-Masse fest. Letztere Walze nennt man deswegen die Arbeitswalze. Die gekühlte Walze hat die Aufgabe, die sich absetzende Itmasse möglichst dicht zu pressen und wird daher Druckwalze genannt. Die Arbeitswalze wird in der Regel aus einem Stahlmantel mit eingesetzten Böden hergestellt. Ihr Umfang wird vorteilhaft so groß gewählt wie ihre Breite, so daß man auf ihr quadratische Platten herstellt. Der Druckwalze gibt man aus Gründen der Wirtschaftlichkeit einen kleineren Durchmesser als der Arbeitswalze und fertigt sie aus Kokillenhartguß an. Die Breite der Walzwerke ist sehr verschieden und geht bis zu 3 m (Abb. 926).

Die rohe It-Masse bringt man in den Walzenmund; die abzuwiegende Menge richtet sich naturgemäß nach der Stärke der gewünschten Platte. Das Aufbringen erfolgt von Hand. Auf der heißen Walze, deren Temperatur, je nach der Mischung, die verarbeitet wird, zwischen 120° und 140° C schwankt, wird mit jeder Umdrehung ein hauchdünner Film aufgewickelt, bis die gewünschte Stärke erreicht ist. Die Druckwalze muß während dieses Arbeitsvorganges einen stets gleichbleibenden, möglichst hohen Druck auf die Masse ausüben. Mit zunehmender Plattenstärke müssen also die Walzen immer mehr voneinander entfernt werden. Dies kann von Hand oder mittels einer elektrischen Stellvorrichtung geschehen; auch hat man automatische Vorrichtungen, die mit jeder Umdrehung eine genau einzustellende Öffnung der beiden Walzen bewirken.

Ist die gewünschte Plattenstärke erreicht, erfolgt das Abdecken, um der Platte ein gefälliges Aussehen zu geben. Dies geschieht mit einer besonderen Deckenmischung, die sich in ihrer Zusammensetzung und Bereitung von der Grundmischung nur durch Farbzusatz und allenfalls zum Abdecken der billigeren Platten durch eine längere Faser unterscheidet. Die Deckenmischung wird, nachdem die Grundmischung trockengelaufen ist, genau wie oben beschrieben, in den Walzenmund

gebracht. Die gleichmäßige Verteilung und das Ausarbeiten der schönen Maserung besorgt die Walze. Der Anteil an Decke ist im Verhältnis zur Grundmischung sehr gering und dient, wie schon gesagt, lediglich dazu, dem Fertigfabrikat ein gefälliges Aussehen zu geben; die Qualität der Platte ist einzig und allein durch die Grundmischung gegeben.

Ist auch die Decke »abgelaufen«, d. h. ist das Lösungsmittel restlos verdunstet und die Platte durch und durch trocken, setzt man die Walze still, schneidet die Platte auf und zieht die sogenannte »halbfertige Platte« vom wieder in Bewegung gesetzten Walzwerk ab.

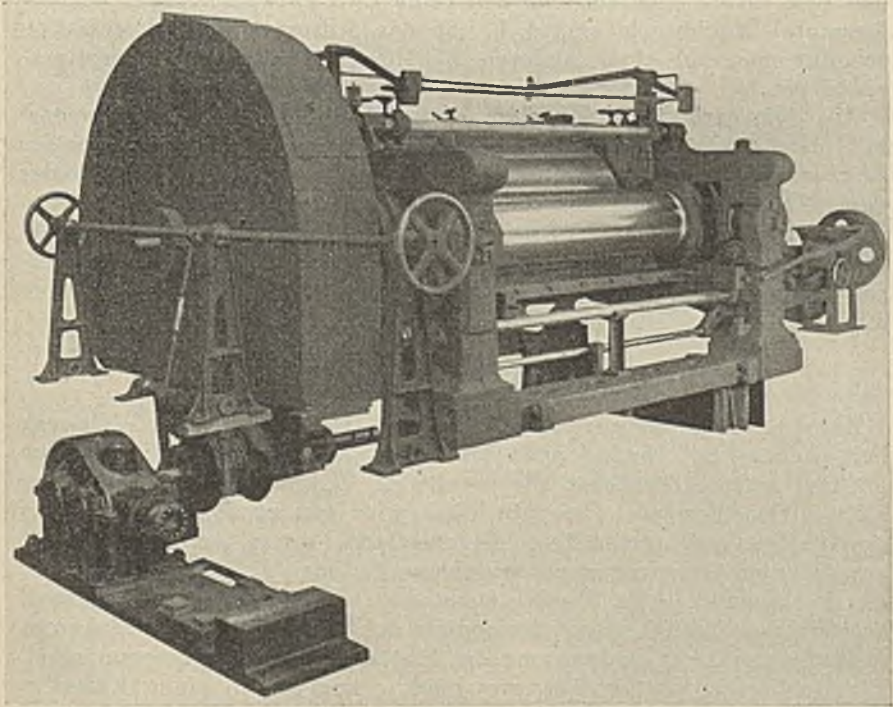


Abb. 926. It-Kalender

Wiedergewinnung des Lösungsmittels ¹

Während des ganzen Arbeitsvorganges auf der Walze wird das in der rohen It-Masse enthaltene Lösungsmittel zum Verdunsten gebracht. Bei einem gewichtsmäßigen Anteil desselben in der feuchten Mischung von 40 bis 60% und einer Stundenleistung von 30 bis 80 kg Platte pro Walzwerk ist es erklärlich, daß der Wiedergewinnung des Lösungsmittels ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist. — In einigen Ländern ist allerdings Benzin so billig, daß eine Rückgewinnungsanlage

¹ Betreffs Einzelheiten siehe den Abschnitt »Rückgewinnung von Lösemitteln« auf Seite 805.

unwirtschaftlich arbeiten würde; man sorgt hier lediglich für eine restlose Entfernung der für die Arbeiter schädlichen Gase ins Freie. — Aus dem abgesaugten Lösungsmitteldampf-Luftgemisch wird das Lösungsmittel durch Kondensation oder durch Adsorption wiedergewonnen; an manchen Stellen wird auch eine Kombination beider Verfahren angewandt. Zum Adsorbieren wird heute fast ausschließlich Aktiv-Kohle oder Silica-Gel benutzt.

Im Prinzip arbeiten die Adsorptionsanlagen wie folgt: Das Gemisch von Lösungsmitteldampf und Luft wird durch das Adsorptionsmedium hindurchgesaugt. In diesem wird das Lösungsmittel restlos niedergeschlagen und zurückgehalten, während reine Luft entweicht. Tritt der sogenannte Durchbruch ein, d. h. ist das Adsorptionsmittel gesättigt, schaltet man auf einen anderen Behälter mit frischem Adsorptionsmittel um.

Aus dem gesättigten Adsorptionsmittel treibt man das Lösungsmittel mit überhitztem Dampf aus. Nach anschließender Kondensation des Wasserdampf-Lösungsmittel-Gemisches kann man letzteres leicht wieder vom Wasser trennen. Durch erhitzte Luft wird dann die Aktiv-Kohle resp. das Silica-Gel getrocknet und so erneut aufnahmefähig gemacht. Da das Austreiben des Lösungsmittels und Trocknen des Adsorptionsmittels länger dauert als das Absättigen des letzteren, muß man mit einer Batterie von mindestens drei Behältern arbeiten.

Fertigmachen der It-Platten

Kehren wir zurück zur eigentlichen It-Platte. Die auf dem Walzwerk hergestellte Platte bedarf noch der weiteren Bearbeitung. Eine genaue Prüfung scheidet zunächst alle bereits im Walzwerk fehlerhaft hergestellten Produkte aus. Die gute Ware wird nun zunächst roh auf das gewünschte Maß geschnitten. Die einzelnen Platten werden dann mit einer Gummilösung zusammengeklebt, so daß man die endgültige Stärke der Fertigware erhält. Hierbei sucht man die durch den Walzprozeß entstandenen Festigkeitsunterschiede in der Walzrichtung und senkrecht dazu auszugleichen, indem man die Platten kreuzweise zusammenlegt. Die dublierten Platten läßt man noch einmal durch einen Kalandrier gehen, wo durch hohen Druck die einzelnen Lagen fest miteinander verbunden werden. Nachdem die Platten dann noch auf genaues Maß geschnitten (1200×1200 mm ist handelsüblich) und bestempelt sind, können sie dem Fertigwarenlager zugeführt werden. An manchen Stellen ist es üblich, aus verkaufstechnischen Gründen die Platten noch mit einer hochglänzenden Lackierung oder auch mit einem Aluminium- oder Bronzeüberzug zu versehen.

Aufarbeiten der Abfälle

Die im Laufe des Fertigungsprozesses durch Fehlproduktion, durch Beschneiden der Platten und besonders beim Stanzen von Ringen anfallenden It-Abfälle stellen ein hochwertiges und teures Material dar, das dem Arbeitsprozeß wieder zugeführt werden muß. Die heute allge-

mein übliche Art der Aufbereitung von It-Abfällen ist die Zerkleinerung durch Schlagmühlen. Hierbei wird das Material wieder geöffnet, die Faser jedoch zum Teil zerschlagen.

Früher ließ man auch häufig die an einer Bleischere auf Handgröße geschnittenen Abfälle mehrere Tage in Benzin oder einem anderen Lösungsmittel quellen und führte sie dann wieder dem Mischprozeß zu. Auch ein Erhitzen mit Benzin oder dergl. unter Druck im Autoklaven wurde verschiedentlich angewandt. Doch bei der Beständigkeit der heutigen It-Platten gegen Kohlenwasserstoffe treten diese, auf einem Quellen resp. Lösen des Kautschuks beruhenden Methoden immer mehr in den Hintergrund.

Prüfung der It-Platten

Zum Schluß sei noch auf die Prüfung von It-Platten näher eingegangen. Früher untersuchte man die Platten durch Biegen und Knicken eines Probestückes. Je häufiger diese Prozedur mit dem Abschnitt angestellt werden konnte, um so besser wurde die Platte beurteilt. Heute ist es allgemein bekannt, daß hohe Biegefestigkeit lediglich durch reichlichen Zusatz von Kautschuk erzielt wird. Dieser brennt jedoch bei den heute recht hohen Überhitzungstemperaturen im Flansch später restlos fort. Je weniger Kautschuk in der Platte vorhanden ist, um so geringer ist naturgemäß der Verlust durch das Verbrennen des Bindemittels und um so dichter bleibt das Gefüge. Damit nun die Dichtung auch nach dem Wegbrennen des

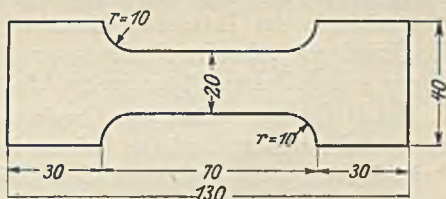


Abb. 927. Abmessungen für It-Platten-Prüfstücke

Bindemittels im Flansch genügende Festigkeit hat, muß eine lange Faser Verwendung finden. Eine gute Platte soll also bei möglichst geringer Menge an Bindemittel einen hohen Prozentsatz langfaserigen, innigst verfilzten Asbestes enthalten. Der Maßstab für die Länge und Qualität der verwandten Faser ist die Zerreißfestigkeit der Platte. Hierbei muß man jedoch berücksichtigen, daß auch ein übermäßiger Kautschukgehalt die Festigkeit stark nach oben beeinflusst. Der Gehalt an Bindemitteln läßt sich nun durch Ermittlung des Glühverlustes bestimmen. Man muß daher bei der Beurteilung der Qualität einer It-Platte unbedingt beide Daten gemeinsam berücksichtigen, d. h. darauf achten, daß bei niedrigem Glühverlust die Zerreißfestigkeit höchste Werte zeigt.

Die Ermittlung der Zerreißfestigkeit kann auf jeder Zerreißmaschine vorgenommen werden; nur muß man auf konstante Zerreißgeschwindigkeit achten, die 25 mm pro Minute betragen soll. Die Prüfstücke (Abbildung 927) erhalten eine Breite von 20 mm. Die Einspannlänge beträgt 50 mm. Die Proben müssen sauber ausgestanzt sein und werden sowohl aus der Längs- als auch der Querrichtung entnommen. Der Mittelwert aus 5 bis 6 Prüfstücken jeder Richtung stellt die Festigkeit dar. Die Angaben erfolgen in kg/cm^2 .

Der Glühverlust wird bei 1000° C im elektrischen Ofen bestimmt. Die Glühdauer beträgt 15 Minuten. Vereinzelt wird der Glühverlust auch noch bei niedrigeren Temperaturen ermittelt. Dies ergibt aber geringere Werte. Deswegen sind Angaben über Glühverluste ohne gleichzeitige Nennung der Glühtemperatur nicht eindeutig und wenn die Glühtemperatur nicht 1000° C beträgt wegen der Unvergleichbarkeit wertlos. Die Angaben erfolgen in Gewichtsprozenten.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes, das zwischen 1,8 und 2,0 liegen soll, werden rechteckig gestanzte Stücke von zweckmäßig 100 mm Kantenlänge bis auf die zweite Stelle nach dem Komma genau gewogen; mittels Mikrometer wird die Stärke (an verschiedenen Stellen) ermittelt und hieraus das spezifische Gewicht errechnet.

Von manchen Stellen werden auch noch Angaben über die Spaltfestigkeit gewünscht. Um diese zu ermitteln, werden 30 mm breite Streifen an einem Ende aufgespalten. Durch Gewichtsbelastung oder in der Zerreißmaschine wird dann die zum Weiterspalten nötige Kraft festgestellt. Diese in Kilogramm nennt man die Spaltfestigkeit.

Die It-Platten-Industrie hat in den letzten 10 bis 20 Jahren in enger Zusammenarbeit mit den Großverbrauchern der chemischen und Montanindustrie im Interesse einer wirtschaftlichen Betriebsführung und Lagerhaltung Abnahmebedingungen für It-Platten ausgearbeitet, die in ihren wesentlichen Zügen im nachfolgenden wiedergegeben sind.

Die It-Platten sollen aus Crude-Asbest mit Zusätzen wie Kautschuk hergestellt sein und dürfen keinen Holzschliff, Baumwolle oder sonstige organische Fasern enthalten. Der Glühverlust soll zwischen 17 und 20% liegen. Dickenabweichungen innerhalb einer Platte dürfen höchstens 0,1 mm betragen. Das spezifische Gewicht darf 2,0 gr/cm³ nicht übersteigen. Die Mindestfestigkeit soll nach jeder Richtung 350 kg/cm² betragen. Mindestens fünf Proben in Längs- und Querrichtung sollen zerissen werden.

Die Reichsbahn hat eigene Bedingungen, die trotz der neuesten Änderungen eigentlich den heutigen Ansichten über Hochdruck-Dichtungsplatten und den Anforderungen, die im Interesse einer höchsten Betriebssicherheit an diese gestellt werden müssen, nicht ganz entsprechen.

Für die Dicke der Platten ist ein Abmaß von $\pm 0,1$ mm zugelassen. Das Material muß mindestens 85% Asbest enthalten. Die Zerreißfestigkeit in jeder Richtung soll 300 kg/cm² bei einer Dehnung von höchstens 5% nicht unterschreiten. Das Raumgewicht darf höchstens 1,8 betragen. Die Zerreißproben sollen 60 mm lang, 20 mm breit, bei Ringen 10 mm lang, 4 mm breit sein. Bei Platten werden je fünf Proben der Längs- und Querrichtung genommen, bei Ringen zehn Proben aus mindestens fünf Ringen. Der Glühverlust muß zwischen 23 und 27% liegen. Die Spaltfestigkeit soll mindestens 3 kg betragen.

Obige Vorschriften sollen nun in keiner Weise sagen, daß nur Platten, die diesen Anforderungen entsprechen, brauchbar sind. Sie sollen lediglich dartun, worauf man bei der Prüfung und Beurteilung von It-Platten zu achten hat.

GUMMIISOLIERTE LEITUNGEN*

VON R. A. SCHATZEL, TECHN. DIREKTOR DER GEN. CABLE CORP. ROME N. Y. USA.

Die Kautschuk- und die elektrotechnische Industrie haben sich seit Anbeginn ihrer frühesten wirtschaftlichen Entwicklung gleichzeitig entfaltet. Die wirtschaftliche Ausbeutung von Goodyears Entdeckung ging der Edinsonschen Erfindung der elektrischen Lampe nur um wenige Jahre voraus. Während diese Förderer menschlichen Fortschritts gleichzeitig vorwärtsschritten, erscheint es sehr zweifelhaft, ob sich der volle Nutzen der Edinsonschen Erfindung ohne den gummiisolierten Draht hätte auswirken können.

Vor der ersten Verwendung von vulkanisiertem Kautschuk zur Isolation durch Hooper im Jahre 1860 wurden schon viele andere Stoffe und Mischungen erprobt. Das meist gebrauchte Material war Gutta-percha. Natürlich beschränkte die dem Material eigene Unbeständigkeit gegenüber Luft seine Verwendungsfähigkeit und veranlaßte die Suche nach anderen Stoffen. Viele Zusammensetzungen wurden in Amerika und Europa patentiert und angewandt, die aus ganz einfachen Stoffen bestanden. Viele bewährten sich, aber ihr Gebrauch und ihre Einrichtung war kostspielig.

Diese Leitersysteme bestanden in der Hauptsache aus blanken Leitern, die in mit Asphaltmischungen gefüllten Röhren lagen. Die Leiter waren mit einem Abstand haltenden Material umwunden. Andere blanke Systeme waren in Gebrauch, wo die Leiter in Kanälen auf Isolatoren angebracht waren. Hier war hauptsächlich die Luft das isolierende Medium.

An solchen Systemen lernen wir die große Geeignetheit vollkommen gummiisolierter Kabel schätzen, die vor Verlassen der Fabrik geprüft werden. Kein anderes Material wurde bisher gefunden, das ein solch weites Anwendungsgebiet in der Elektroindustrie hat wie der Kautschuk. Es ist ganz sicher, daß die Elektrizität heute kein so gewandter Diener sein würde, wenn wir keine Gummiisolation hätten.

Die Verteilung der Elektrizität vom Generator ins Haus oder die Fabrik stellt eine verwirrende Fülle von Anforderungen an die Isolation. Bei der stetig wachsenden Neigung, die Unkosten zu senken, sind die Verteilungsnetze großer Kraftstationen, die weite Landstriche versorgen, gewachsen. Das hat zur Übertragung von immer höherer Spannung geführt, als man früher für möglich oder wirtschaftlich gehalten hat. Wir kennen heute mehrere Leitungen von 200 kV. In den meisten Fällen wird die Energie mit dieser Spannung noch in blanken Leitern, die an Masten aufgehängt sind, fortgeleitet. In einigen Fällen hat man die Einrichtung aber in die Erde gebettet. Die gewöhnliche Isolation für solchen Zweck und allgemein für die Übertragung über 10 kV ist Papier und Öl im Bleimantel.

Kautschuk wird im allgemeinen bei Spannungen bis zu 10 kV verwendet. Eine dritte Art der Isolation findet sowohl bei gummiisolierten

* Übersetzt von Dr. F. Evers, Berlin-Siemensstadt

wie auch bei bleiarmierten Papierkabeln Anwendung; das ist getränkte Leinwand. Die grundsätzlichen Vorteile des Kautschuks sind seine hohe elektrische und mechanische Festigkeit, sein Widerstand gegen Feuchtigkeit und die Tatsache, daß diese Eigenschaften sehr wandlungsfähig sind und eine genaue Kontrolle gestatten, um so den ständig wechselnden Anforderungen in der noch jungen Industrie zu genügen. Diese Änderungen können durch geeignete Auswahl der Füllstoffe zustande gebracht werden. Die Verwendungsfähigkeit des Kautschuks ist begrenzt durch seine Empfindlichkeit gegen Ozon. Dieses bildet sich an der Oberfläche von unter hoher Spannung stehenden Kabeln.

Gummiisolierte Drähte und Kabel werden in vielen Ausführungen hergestellt und finden mannigfachen Gebrauch. Es ist nicht unsere Absicht, diese Ausführungen zu besprechen, aber es kann nützlich sein, einige sowie ihre wichtigsten Verwendungszwecke anzuführen.

Schnüre, einfach- und gummiisoliert

Dieser Kabeltyp besteht hauptsächlich aus einem meist unverzinnten dünnen Leiter, der mit einer Leinenwicklung bedeckt ist und mit einer $\frac{1}{32}$ Zoll dicken Gummischicht isoliert ist. Die verwendete Isolation kann man als Typ Nr. 1 bezeichnen, wie er in Amerika als Underwriters' Code grade for building wire aufgeführt wird. Der isolierte Leiter wird mit einem Gewebe bedeckt und, wie erforderlich, zu mehreren vereinigt. Dieser Typ wird für Lampenschnüre und viele andere Anwendungsgebiete im Haushalt verwendet.

Gummibedeckte Schnüre und Kabel

Diese Art Schnüre wird in einer großen Mannigfaltigkeit an Arten und Leitergrößen von dünnen biegsamen Schnüren für Pendellampen oder



Abb. 928. Querschnitt durch ein mit Gummi isoliertes 3-Leiter-Kabel (im Gummischlauch)

Dictaphonen bis zu schwer beweglichen Leitungen für Bagger und Grubenlokomotiven ausgeführt. Die Ausführung besteht in der Hauptsache im Einziehen von isolierten Leitern in einen zähen gegen Abreibung widerstandsfähigen Gummischlauch (Abb. 928). Diese Bedeckung soll allein zum mechanischen Schutz dienen und trägt nur wenig zur dielektrischen Festigkeit der Kabel bei. In England ist dieser Typ als Cab Tyre Typ bekannt. Die Bedeckung besteht aus einer Mischung für Gummimatten, die mit Kohlschwarz Nr. 1 versetzt ist. Er wird als Leitung für bewegliche Ausrüstung benutzt, oder da, wo Kabel stark

korrodierenden Einflüssen ausgesetzt sind. Einige der zahlreichen Anwendungen sind: Kabel für Garagen, elektrische Nietmaschinen, tragbare elektrische Schweißmaschinen, Grubenlokomotiven (Abb. 929 und 930), Fördermaschinen, Bagger (Abb. 931 und 932), Waschmaschinen, Staubsauger, Installation in Bauten (Abb. 933). In einigen Fällen, z. B. bei

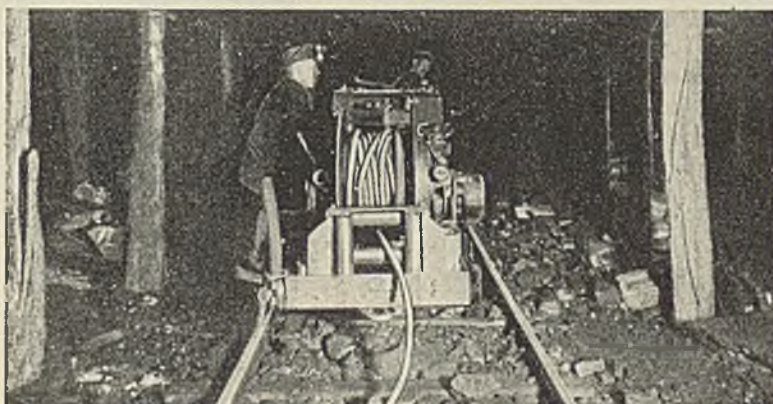


Abb. 929 und 930. Gummikabel leisten im Bergwerk unter schweren Bedingungen gute Dienste



Abb. 931. Der »Sand Hog«, jener mutige Arbeiter, der in Schmutz, Schlamm, Wasser und Sand arbeitet, braucht dauernd gutes Licht

Waschmaschinen, wird der Überzug farblich ausgeführt, so daß er zur Farbe der Maschine paßt.

Einzelne biegsame Leiter kann man am besten als Schnüre bezeichnen. Die am meisten interessierende Art sind die Zündkabel für Automobile und Flugzeuge und die Neonlampenkabel. Das Zündkabel besteht aus einem dünnen biegsamen verzinnnten Leiter, der mit einer besonders zusammengesetzten Mischung isoliert ist, die eine hohe dielektrische Festigkeit hat. Das Kabel wird dann mit einem dichten Gewebe bedeckt, das wiederum mit einem Überzug eines Lackes versehen wird, um das Kabel gegen Öl, Koronaentladung und Ozonwirkung zu schützen. Zündkabel für Flugzeuge zeigen genau dieselbe Ausführung. Sie werden aber mit einem Panzer versehen, um den besonderen Anforderungen des Motors zu genügen. Die isolierten Leiter werden mit einem Metallgewebe geschützt und dann mit einem Gummiüberzug versehen, der wieder mit einem geschlossenen Metallgewebe bedeckt ist, um die Kabel statisch zu schützen, damit Störungen bei dem Empfang drahtloser Nachrichten vermieden werden.



Abb. 932. Nicht ungewöhnliche Betriebsbedingungen für ein Gummischlauchkabel

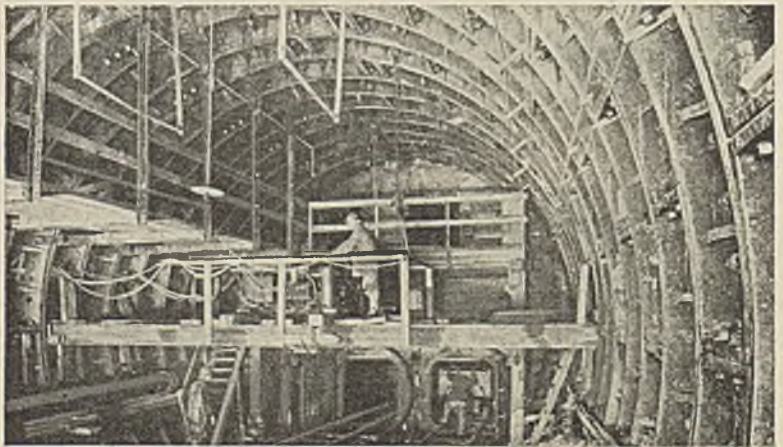


Abb. 933. Die gummi-isolierten Kabel ermöglichen die Verwendung von Elektrizität im Baubetrieb

Bleigeschützte Gewebekabel

Diese sind die am häufigsten vorkommenden Arten Kabel und beanspruchen den größten Anteil in der Fabrikation isolierter Leitungen. Die Leitergrößen umfassen das ganze Gebiet der Übertragung elektrischer Kraft und der Signalanlagen. Die am meisten vorkommenden Größen

sind einfache, Zweileiter- und Dreileiterkabel. Für Signalzwecke kann die Anzahl der Leiter 40 betragen und in Telephonieleitungen steigt sie auf 400 in einem Kabel. Die Hauptkonstruktion ist ein verzinnter kupferner Leiter, ein Überzug einer Gummiisolation der gewünschten Dicke, ein gummigetränktes geschnittenes Leinenband bei größeren Dimensionen der Leiter, ein oder zwei Leinengewebe, die mit Asphalt getränkt sind, und zum Schluß mit einer harten Wachsmischung überzogen sind. Die am meisten gebrauchte Mischung ist eine 30proz. Gummimischung, die wir Typ 4 nennen wollen. Für Erdkabel und solche in feuchten Räumen wird ein Bleirohr an Stelle des imprägnierten Gewebes angebracht. Diese Art Kabel kann noch mit Stahlbändern oder galvanisiertem Stahldraht armiert werden, zur Verwendung als direkte Erdkabel oder See- oder Signalkabel.

Wegen der Korrosion metallischer Überzüge gelangen auch eine ganze Reihe nichtmetallischer Überzüge für Erd- und Seekabel zur Verwendung. Wir können es nicht unternehmen, in dieser kurzen Zusammenfassung ihre relative Nützlichkeit zu vergleichen. Kein nichtmetallischer Überzug ist gegen Wasser undurchdringlich; daher ist in diesen Konstruktionen der Widerstand der Gummiisolation gegen Feuchtigkeit und die Aufrechterhaltung der hohen elektrischen Eigenschaften eine grundsätzliche Forderung für ein erfolgreiches Muster. Eine weitere Eigenschaft ist, daß nichtmetallische Überzüge wärmeisolierend sind und daher den zulässigen Kapazitätsstrom derartiger Kabel vermindern, wenn nicht die Wärmedurchlässigkeit der Isolation vermindert wird und der Widerstand ansteigt. Glücklicherweise sind beide Resultate, wie wir später sehen werden, durch Gummiisolation erreichbar.

In Amerika belief sich allein 1929 der Wert von gummiisoliertem Draht und isolierenden Massen auf 33 000 000 Dollar zufolge den Angaben der U.-S.-Handelskammer.¹

Arbeitsprozeß

Die Arbeitsprozesse zur Herstellung von Mischungen für Isolierzwecke unterscheiden sich von denen zur Herstellung von Reifen nicht. Die Schilderung der Prozesse, die in anderen Kapiteln dieses Werkes gegeben wurden, gelten ebenso für Isoliermischungen. Allerdings haben wir bei der Herstellung dieser Mischungen noch eine zusätzliche und sehr empfindliche Menge von Variablen zu befriedigen, das sind die elektrischen Eigenschaften. Gleichförmigkeit der Verteilung beim Mischen, Plastizität beim Kneten, agglomerierte fremde Partikel, Feuchtigkeit, Porosität, Änderungen des Füllmaterials, wie sie durch geringe Zusätze von Elektrolyten verursacht werden, alles dies wirkt sich in den elektrischen Eigenschaften aus, oft ohne sonstige physikalische Änderungen zu zeigen. Kontrolle der Rohmaterialien und das Beachten festgesetzter Richtlinien beim Einkauf sind sehr nötig. Reinlichkeit und Sauberkeit im Mischraum, die zwar in jeder Gummifabrik nötig sind, werden aber doch in mancher Fabrik gummiisolierter Drähte nicht genügend beachtet. Neben der Ver-

¹ U. S. Depart. Comm. Bull. Manuf. (1929) Rub. Ind.

wendung einheitlicher Rohstoffe ist ein genau ausgearbeitetes Arbeitsprogramm mit dauernder Kontrolle das beste Mittel zur Erzielung gleichmäßiger Isolation. Für Kontrollzwecke ist eine einfache Probe der Mischung besser als eine komplizierte Untersuchung, die das Resultat zu spät liefert. Bestimmungen der Plastizität und Dichte an der Mischung auf den warmen Walzen haben sich als außerordentlich zweckmäßig und aufschlußreich erwiesen. Von gleicher Wichtigkeit sind saubere Vorratsgestelle, so daß Vorratsmischungen, die sauber hergestellt und gemischt wurden, nicht beschädigt werden. Wenn es stimmt, daß 0,05 eines Prozentes an Elektrolyten den Isolationswiderstand auf die Hälfte herabsetzen kann und so die Isolation für die meisten Anforderungen ganz ungenügend macht, dann kann die Sorgfalt in der Handhabung nicht übertrieben werden.

Materialien für die Mischungen

Kautschuk. Im allgemeinen gebraucht man nur drei Sorten Kautschuk für Gummiisolation. Sie sind: gewaschener und getrockneter Up River Fine Para, Smoked Sheets Nr. 1 aus Plantagen unter europäischer Aufsicht und First Latex Pale Crêpe. Up River Para war jahrelang beste Marke und wird heute noch in manchen Vorschriften verlangt. Wegen der Verbesserungen des Plantagenkautschuks begegnet es keinen Schwierigkeiten, die höchst scharfen elektrischen Anforderungen mit jedem der beiden Sorten Plantagenkautschuk zu erfüllen. Die Einheitlichkeit des Produktes ist, mehr als versichert wird, von dem Waschen des Para auf verschiedenen Walzen abhängig. Der Export an Parakautschuk 1931 betrug 2 Prozent des gesamten Exports der Welt. Manchen Anforderungen können ohne Waschen des Plantagenkautschuks erfüllt werden, aber dies erfordert sorgsame Untersuchung der Abwesenheit von Schmutz und Fremdstoffen, nachdem die äußerste Schicht entfernt wurde. Für höhere Anforderungen ist indessen, nach des Schreibers Meinung, nur Pale Crêpe als am meisten gleichmäßig und zufriedenstellend zu verwenden, der gründlich gewaschen und getrocknet wurde.

Füll- und Versteifungsmittel. Es soll kein Versuch gemacht werden, eine erschöpfende Beschreibung aller möglichen und nützlichen Stoffe, noch eine Diskussion über die Wirkung irgend eines Körpers auf die physikalischen Eigenschaften zu geben. Dies wird in anderen Kapiteln dieses Werkes geschehen; der Leser sei auch auf eine Arbeit von Se e d s hingewiesen, die im Kolloquium über Kautschuk 1932 erschienen ist, veröffentlicht von der Amerikanischen Gesellschaft für Materialprüfung.

Anorganische Stoffe. Am meisten gebraucht werden Zinkweiß, Bleiglätte, Kreide, Ton, Talkum. Andere Füllstoffe wie Baryt, Lithopone, Magnesiumkarbonat, Schiefermehl, haben eine beschränkte Verwendung, aber alle bewirken unzureichende elektrische Eigenschaften.

Zinkoxyd. Man sollte nur Oxyde vom höchsten Reinheitsgrad verwenden, wie sie die Oxyde nach den französischen Verfahren aufweisen. Manche Sorten Zinkoxyd, die nach dem amerikanischen oder elektrothermischen Verfahren gewonnen wurden, besitzen ähnliche Eigenschaften. Manche indessen enthalten eine kleine Menge Schwefel als Sulfat.

Während die versteifende Wirkung solcher Stoffe für gewöhnliche Ware wünschenswert ist, ist sie schädlich für gute Isolation. Die Feuchtigkeitsaufnahme solcher Mischungen, die Zinksulfat enthalten, ist in manchen Fällen fünfmal so groß wie der von Mischungen mit schwefelfreien Oxyden. Die elektrische Festigkeit ist am Anfang nicht niedriger, aber alle anderen elektrischen Eigenschaften werden stark beeinflusst. Die Volumenzunahme von zwei Isoliermischungen des Typ 4 nach Eintauchen in kochendes Wasser während 48 Stunden ist im folgenden gezeigt, — Muster 1 enthält Zinkoxyd nach dem französischen Verfahren, Muster 2 ist dasselbe wie 1, enthält aber sulfathaltiges Zinkweiß, wie es häufig in Amerika verwendet wird. Muster 1 hat 4 Prozent Volumenzunahme, Muster 2 dagegen 29 Prozent. Es hat keinen Vorteil, Zinkoxyd von sehr feiner Korngröße zu verwenden. Die elektrischen Eigenschaften werden nicht besser und dank der Schwierigkeit, eine gleichmäßige Dispersion zu erreichen, wird das Produkt ungleichmäßig und es ergibt sich ein dauerndes Nachlassen der elektrischen Eigenschaften. Eine mittlere Teilchengröße von etwa $0,4 \mu$ ist bei Gleichheit der Teilchengröße weniger erwünscht als chemische Reinheit. Jetzt werden Sorten Zinkoxyd angeboten, deren Oberfläche mit einer geringen Menge organischer Säuren behandelt wurde. Solche Oxyde lassen sich leichter einmischen; sie zeigen keinen Unterschied der elektrischen Eigenschaften gegenüber unbehandelten Oxyden.

Kreide. Diese ist der am häufigsten gebrauchte Füllstoff für gummiisolierten Draht, besonders wegen ihrer leicht versteifenden Wirkung, ihrer Gleichmäßigkeit und Reinheit und des niedrigen Preises. Man verwendet nur natürliche gemahlene Kreide. In gefällten Kreidesorten ist zu viel freies Alkali vorhanden, um ihren Gebrauch zuzulassen. Englische Klippenkreide wird in Gummimischungen gebraucht, weil sie frei von Sand und sonstigem körnigen Material ist. Sie wird aus Kreide der englischen Klippen hergestellt durch Mahlen und Schlämmen. Man hat auch in Amerika große Lager von reinem Kalkstein entdeckt und daraus ein sehr hochwertiges Material durch Mahlen und Reinigen erzielt. Der säureunlösliche Anteil konnte so weit herabgesetzt werden, daß das Material für Gummimischungen dem englischen Klippenstein gleichwertig ist und ihn weitgehend ersetzt hat.

Ton. Dieses Material ist in beschränkten Mengen wegen seiner versteifenden Eigenschaften für unvulkanisierte und vulkanisierte Vorratsmischungen in Gebrauch. Es muß vollkommen frei von wasserlöslichen Stoffen und Feuchtigkeit sein. Sein Gebrauch in Mischungen läßt eine bestimmte Vermehrung der Auspreßgeschwindigkeit zu. Er erhöht die Beständigkeit gegen Feuchtigkeitsaufnahme und hat keinen störenden Einfluß auf die elektrischen Eigenschaften. Inbezug auf seine isolierenden Eigenschaften ist er Kreide überlegen.

Talkum. Die Teilchengröße dieses Materials beträgt etwa 5μ . Es versteift unvulkanisierte Mischung erheblich und kann bis zu 10 Volumen auf 100 Volumen Kautschuk beigemischt werden. Das Versteifen der Mischung im unvulkanisierten Zustande erleichtert die Handhabung und vermehrt die Geschwindigkeit beim Schlauchspritzen. Seine Hauptwir-

kung beruht aber auf seiner vorteilhaften Einwirkung auf die elektrischen Eigenschaften. In Signalkabeln bewirken zu große Mengen anorganischer Füllstoffe wie Zinkweiß eine Erhöhung der Kapazität und sind daher unbrauchbar. Talkum kann dagegen in erheblichen Quantitäten verwendet werden.²

Organische Füllstoffe

Lange Zeit gebrauchte man organische Füllstoffe in minderwertigen Mischungen für Baukabel und anderen Sonderausführungen, wo anorganische Füllmittel ungeeignet waren. Wegen der chemischen Anforderungen in den Vorschriften ist ihr allgemeiner Gebrauch unterblieben, was auch noch heute zutrifft. Um die Verwendung dieses Materials zuzulassen, haben führende technische Körperschaften kürzlich ihre Vorschriften geändert. Strenge Ausführungsforderungen bezüglich Feuchtigkeitsaufnahme, elektrischer Anforderungen und beschleunigter Alterungsprüfungen sind an Stelle der chemischen Anforderungen getreten. Die hauptsächlichsten Füllstoffe sind feste Kohlenwasserstoffe, im Handel Mineral Rubber genannt, Regenerat, geschwefelte fette Öle, im Handel als Faktis bekannt, Wachse wie Paraffin, Ozokerit und Montanwachs.

Mineral Rubber. Dieser Name wurde zuerst auf ein natürliches Vorkommen von weichen elastischen Kohlenwasserstoffen angewandt, das man in Derbyshire fand. Man hielt es für eine Art Kautschuk. Heute gebraucht man die Bezeichnung für Produkte aus Rückständen von Petroleumdestillaten, die mit Luft geblasen wurden. Er ist im kalten Zustand hart und brüchig, hat ein spezifisches Gewicht von 1,04 und einen Schmelzpunkt von 150° C (B & R). Es gibt auch Sorten mit höherem und niedrigerem Schmelzpunkt. Der Hauptgrund für seine Verwendung in billigeren Mischungen ist sein Preis. Er wirkt als weichmachendes Mittel und senkt sowohl Mischkosten als auch allgemeine Unkosten. Indessen kommt er auch in bestimmtem Grade in besseren Mischungen vor. Er bewirkt eine bemerkenswerte Verbesserung der elektrischen Festigkeit in einer mit organischen Füllstoffen versehenen Mischung und verbessert zur selben Zeit den Widerstand gegen Feuchtigkeit und die Alterungseigenschaften.

Kautschukersatz. Dies Material wird durch heiße oder kalte Vulkanisation mit Schwefel bereitet.³ Das Produkt der Kaltvulkanisation ist weiß, das der Heißvulkanisation ist braun. Nur das letztere wird gebraucht. Das Kaltvulkanisationsprodukt enthält soviel restliche Mengen Chlor oder Chloride, so daß Mischungen mit schlechten elektrischen Eigenschaften erhalten werden. In Amerika braucht man nur wenig braunes Faktis, obwohl man besondere Mischungen aus Faktis und Bitumen für Hochspannungskabel und für korona- und ozonfeste Isolation hat. Die bestbekannte Sorte ist »Kerite«. Für ein eingehendes Studium wird auf die anhängende Patentliste verwiesen. Auf dem Kontinent und in Amerika gibt es noch mehr ähnliche Sorten, von denen genannt seien: »Okonite« der Okonite Comp. und »Gencorone« der General Cable Corporation.

² Curtis & Mc Pherson, Circ. Nr. 299 Bur. Stand.

³ Siehe den Beitrag »Faktis«

Regenerat.⁴ Dies Material wurde zuerst an Stelle des teuren Rohkautschuks gebraucht. Augenblicklich ist sein Preis zwar höher als Rohkautschuk, man verwendet es aber noch aus einem anderen Grunde. Es unterstützt die Kautschukverarbeitung und erteilt den Mischungen eine Weichheit und Elastizität, wie kein anderer Füllstoff. Besonders ausgesuchtes Regenerat verbessert die dielektrische Stärke der Isolation.

Es gibt zwei Verfahren, um Regenerat zu machen — das eine ist als Säureverfahren, das zweite als Alkaliverfahren bekannt. Regenerat nach dem Säureverfahren ist für Isolationszwecke vorzuziehen. Der restliche Alkaligehalt im Regenerat nach dem Alkaliverfahren ist nur der Bruchteil eines Prozentes. Er genügt aber, um als ein mächtiger und nicht einheitlicher Beschleuniger zu wirken, der Schwierigkeiten bereitet und zu schlechthalternden Produkten führt. Der restliche Alkaligehalt vermehrt ferner die Eigenschaften der Mischung, Feuchtigkeit aufzunehmen und ist daher für elektrische Isolation nicht zu gebrauchen.⁵ Zwei Sorten Regenerat sind gewöhnlich in Gebrauch, Autoreifen- und Schuhregenerat. Gewaschenes Schuhregenerat hat die besten Eigenschaften, gibt Mischungen von hoher dielektrischer Stärke, niedriger Feuchtigkeitsaufnahme und ausgezeichneten Fabrikationseigenschaften. Sein Preis ist hoch und die Reißfestigkeit niedrig. Die meist gebräuchliche Mischung besteht halb aus gewaschenem Reifenregenerat und halb aus gewaschenem Schuhregenerat.

Wachse. Sie dienen hauptsächlich als Weichmachungsmittel und werden nur in verhältnismäßig kleinen Mengen verbraucht.

Beschleuniger. Bleiglätte hat jahrelang in der elektrotechnischen Industrie als Beschleuniger gedient und tut dies noch heute. Sie ist der beste anorganische Beschleuniger und war wegen der Einschränkungen der Handelsvorschriften auch der günstigste.

Wegen dieser einschränkenden Vorschriften ist der Verbrauch von organischen Beschleunigern, die sonst wegen ihrer günstigen Wirkungen sehr in Gebrauch gekommen sind, teilweise beschränkt; teilweise auch, weil man von elektrischer Isolation eine außerordentlich lange Lebensdauer verlangt. Die Verbraucher haben sich gegen Fabrikprüfungen und gegen Prüfungen der beschleunigten Alterung als ein Kriterium für Lebensdauer gestäubt, weil sie glaubten, dadurch nicht die Erfahrungen mit Bleiglättemischungen ersetzen zu können. Vielleicht ist der wichtigste Grund der, daß die Drahtfabrikanten weder technische Erfahrung hatten, um die Wirkungen auf die elektrischen Eigenschaften zu beurteilen, noch den technischen Stab besaßen, um den Wert ihrer Fabrikate zu prüfen. Daß keine Vorsorge für den Gebrauch organischer Beschleuniger getroffen wurde, ist nicht überraschend, weil die meisten grundlegenden Vorschriften um 1913 geschrieben wurden. In diesem Jahr erhielt B a y e r ein Patent auf die Verwendung stickstoffhaltiger organischer Basen mit einer Dissoziationskonstante höher als 1×10^{-8} . Veranlaßt durch das steigende Interesse für künstliche Alterungsprüfungen und durch die

⁴ Siehe den Beitrag »Regenerat«

⁵ Circ. Bur. Stand. Nr. 393

strengerer Anforderungen infolge des Fortschritts der elektrotechnischen Industrie, hat man einen umfangreicheren Gebrauch von organischen Beschleunigern gemacht, um die nötige Verbesserung in der Gummiolation zu erreichen. Sie sind daher in allgemeinen Gebrauch gekommen und haben bereits bemerkenswerte Verbesserungen hervorgebracht.

Curtis und McPherson haben in ihrem Bericht⁶ gezeigt, daß eine erhöhte Isolation, ein niederer Kraftfaktor, niedere spezifische Induktivität, durch den Gebrauch bestimmter Beschleuniger erhalten werden können. Sie haben ferner gezeigt, daß die Dielektrizitätskonstante und der Kraftfaktor innerhalb eines weiten Bereiches, der nur vom Prozentgehalt an gebundenem Schwefel abhängig ist, veränderbar ist.⁷ Der Gebrauch organischer Beschleuniger ermöglicht das Erreichen der besten physikalischen Eigenschaften durch niedrige Schwefelzusätze, und erlaubt daher das Zusammensetzen von Mischungen mit einer Variabilität der Eigenschaften, die früher unmöglich waren. Vieles ist schon erreicht worden; es besteht aber kein Zweifel, daß man durch weiteres Studium und Anstrengung die Entdeckung eines Beschleunigers zur Erzielung besserer elektrischer Eigenschaften, als physikalischer erwarten kann. Infolge der Verwendung von Beschleunigern haben wir jetzt Mischungen, die bis zu Temperaturen von 125° C stabil sind, mit einer Dielektrizitätskonstante, die nach Belieben zwischen 3 bis 9 einstellbar ist. Rohkautschuk hat eine Dielektrizitätskonstante von ungefähr 2,5; eine Mischung mit ungefähr 30 Prozent trockenen mineralischen Zusätzen hat dagegen eine von ungefähr 5.⁸

Einige der am meisten brauchbaren Beschleuniger sind:

1. Mercapto-benz-thiazol, bekannt als Captax (Vulcacit Mercapto).
2. Tetra-methyl-thiuram-monosulfid, bekannt als Monex und Thionex.
3. p-Nitroso-dimethyl-anilin, Accelerene.
4. Aldehyd-Amine.
5. Tetra-methyl-thiuram-tetrasulfid, Tetrone.
6. Tetra-methyl-thiuram-disulfid, Tuads (Vulcacit Thiuram).
7. Diphenyl-guanidin, D. P. G.

Es gibt noch sehr viel mehr Beschleuniger im Gebrauch, und die obige Liste ist keineswegs vollständig. Sie enthält indessen, nach des Verfassers Erfahrung, die brauchbarsten. Für manche besondere Anforderungen können Mischungen dieser Beschleuniger untereinander nützlich sein.

Die Wirkungsweise der Beschleuniger auf die elektrischen Eigenschaften der Gummiolation ist ganz verschieden. Nach des Schreibers Erfahrung sind die meisten Beschleuniger nützlich, die keine Elektrolyte in die Mischung einführen, oder die während der Vulkanisation kein Wasser oder lösliche Salze als Nebenprodukte erzeugen. Die Wirkung auf die elektrischen Eigenschaften ist von der genannten Größe. Während einige gefunden haben, daß die Feuchtigkeitsaufnahme kein genügendes Maß

⁶ Technol. Pap. Bur. Stand. Nr. 299 (1925)

⁷ Sci. Pap. Bur. Stand. Nr. 560 (1927)

⁸ Boggs, C. R., Moderne Fortschritte der Kautschukmischung, vorgetr. v. d. Signalabt. d. amerik. Eisenbahngesellschaft (13. Mai 1931)

für die Wirksamkeit der Beschleuniger auf die elektrischen Eigenschaften ist, ist noch immer in der obigen Liste die Reihenfolge steigender Feuchtigkeitsaufnahme beim Optimum der Vulkanisation von derselben Größenordnung. Wo Mischungen eine starke Zunahme der elektrischen Eigenschaften bei fortdauernder Berührung mit Wasser zeigen, dabei aber keine Zunahme von aufgenommener Feuchtigkeit aufweisen, kann man dies häufig auf wasserlösliche Substanzen zurückführen. In solchen Fällen stellt eine Gewichtszunahme kein genaues Maß für die Feuchtigkeitsaufnahme dar. In g m a n s o n hat gefunden, daß Thiuram die höchste Widerstandsfähigkeit und eine etwas erhöhte Dielektrizitätskonstante ergibt. Die Thiazole und Aldehydamine geben etwas höhere Widerstandsfähigkeit als die Thiurame, aber eine niedere Dielektrizitätskonstante. Der Kraftfaktor bleibt bei allen drei Beschleunigern niedrig und wird wenig beeinflusst.⁹ Ein Vergleich zwischen Mischungen, die mit Bleiglätte beschleunigt sind, von solchen mit organischen Beschleunigern ist nicht möglich. Unsere eigene Erfahrung vereinigt sich mit den Ergebnissen von In g m a n s o n und den früheren Arbeiten von C u r t i s zu folgendem Ergebnis: die elektrischen Eigenschaften, mit Ausnahme des Kraftfaktors, werden durch den Gebrauch von Thiazolen und Thiuramen verbessert.

Antioxydantien. Diese Gruppe stellt die neueste Ergänzung zu der Gruppe der nützlichen organischen Mischungsbestandteile dar. Das zuerst gebrauchte Material dieser Art war Fichtenholzteer, der natürliche oxydationshemmende Körper enthält. Feste Kohlenwasserstoffe wirken in gleicher Weise.

Die am meisten gebräuchlichen Stoffe sind nach des Verfassers Ansicht:

1. Phenyl- β -naphthyl-amin, Neozon D oder Ageritepulver.
2. Aldol- α -naphthyl-amin, Ageriteharz.
3. Acetaldehyd-äthylen-diamin, V. G. B.

Die obigen Stoffe vermehren die Absorption der Feuchtigkeit etwas und vermindern gleichermaßen die elektrischen Eigenschaften; aber im allgemeinen genügen alle drei selbst den strengsten Anforderungen.

Damit der Gebrauch von Beschleunigern und Antioxydantien für Isolationszwecke in den verbesserten Vorschriften zugelassen werden kann, ist noch viel Studium hinsichtlich ihrer Wirkung nötig.

Schutz gegen Kupfer. Ehe die Mischungen und Methoden der Isolation diskutiert werden, mag es gut sein, ein Wort über die Leiter zu sagen. Im allgemeinen braucht man für die Übertragung des Stromes kupferne Leiter, obwohl auch dafür sehr viel Aluminium in Europa und Amerika gebraucht wird. Kupfer wirkt als ein mächtiger Beschleuniger der Oxydation mit Kautschuk. Selbst geringe Spuren von Kupfer oder Kupfersalzen vergrößern den Acetonextrakt außerordentlich schnell. Man kann dies leicht zeigen, wenn man Kupferfeilspäne auf ein Kautschukfell bringt und dieses für einige Stunden erwärmt. Der Kautschuk erweicht deutlich um die Partikel und kann sogar mürbe und klebrig werden. Der Schwefelgehalt von Kautschukmischungen greift Kupfer an und macht so den Zusammenhalt schwierig. Beides muß verhindert werden. Dies wird erreicht

⁹ Ingmanson, J. H., Scharf, C. W., und Taylor, R. L., Ind. Engng. Chem. 25 S. 86

durch einen dünnen Überzug des Kupferleiters durch Zinn. Dazu wird der Kupferdraht schnell durch ein Bad von geschmolzenem Zinn hindurchgezogen.

Aluminiumleiter brauchen keinen Schutz. Die gewöhnliche Oxydhaut auf Aluminium ist beständiger als Aluminiumsulfid. Daher werden weder Aluminium noch Kautschuk angegriffen. Aluminiumsalze wirken nicht schädlich auf Kautschuk, Aluminiumoxyd wird sogar manchmal als Füllstoff gebraucht.

An Stelle von Zinn werden manchmal Blei- oder Blei-Zinn-Legierungen gebraucht. Werden isolierte Leiter, die in feuchten Räumen installiert waren, nach einigen Jahren untersucht, so findet man häufig das Zinn stark korodiert vor; das Kupfer liegt frei und vermindert zweifelsohne die Lebensdauer der Isolation. Man nimmt an, daß die Feuchtigkeit, die von der Mischung aufgenommen wird, an der Leiteroberfläche mit Schwefel reagiert unter Bildung von Schwefelsäure. Die Säure greift das Zinn an. Es ist nicht ungewöhnlich, daß man den Leiter mit einem Überzug von Kupfersulfat bedeckt findet. Blei- und Blei-Zinn-Legierungen sind mit wechselndem Erfolg versucht worden. In hochgeschwefelten Mischungen ist die Wirkung heftiger; es ist daher zu erwarten, daß die Beschleuniger eine beträchtliche Hilfe gewähren, weil bei ihrem Gebrauch der Schwefelzusatz beträchtlich vermindert werden kann. Man hat auch gefunden, daß die Zufügung eines negativen Katalysators die positive katalytische Wirkung des Kupfers wirksam unterdrücken kann. Diese negativen Katalysatoren oder Antioxydantien wirken indessen geheimnisvoll und sind von zweifelhaftem dauernden Wert. Der am meisten versprechende Stoff ist Phenyl- β -naphthylamin.¹⁰

Herstellungsverfahren. Zur Fabrikation gummiisolierter Kabel gibt es allgemein zwei Verfahren, nämlich das Streifen- und das Spritzverfahren. Das Streifenverfahren wird im allgemeinen für Kabel mit dicker Umhüllung und einem Leiterdurchmesser, der größer ist als 0,162 Zoll verwendet. Das Spritzverfahren gebraucht man gewöhnlich, um Draht mit einem kleinen Durchmesser zu isolieren. Einige Fabrikanten wenden die Streifenmethode indes zur Isolierung von Draht bis zu 0,040 Zoll Durchmesser und Wandstärken von $\frac{1}{32}$ Zoll an, während in anderen Fällen wieder das Spritzverfahren für alle vorkommenden Größen bis zu einem Gesamtdurchmesser von 2 Zoll in Gebrauch ist. Ein besonderer Vorteil hinsichtlich der Qualität des Endproduktes ist bei keinem Verfahren zu bemerken, wenn sie nur sauber und sorgfältig ausgeführt werden. Das Streifenverfahren arbeitet indessen zuverlässiger und mit weniger Schwierigkeiten bei großen Abmessungen des Leiters, während das Spritzverfahren sich besser für kleinere Abmessungen eignet. Daher ist die oben gegebene Einteilung die natürliche, wenn die Fabrikausrüstung dafür paßt. Solch eine Einrichtung erlaubt den Gebrauch einer größeren Reihe von Isoliermischungen, unbeschränkt durch begrenzte Fabrikeinrichtungen. Man kann daher die in Arbeit befindliche Mischung den besonderen Anforderungen sehr gut anpassen.

Das Rohr- oder Spritzverfahren braucht keine besondere Beschreibung,

¹⁰ Ind. Engng. Chem. 23 S. 23

weil dies Verfahren dasselbe wie das in der Gummiindustrie zur Herstellung von Schläuchen ist. Der zu isolierende Draht wird durch eine Reihe von Rollen ausgestreckt, ehe er in den Spritzkopf eintritt. Ein konstanter Druck wird auf die Gummimischung mit Hilfe einer Spindel ausgeübt, so daß ein gleichmäßiger Kern von unvulkanisierter Isolation auf den Draht aufgespritzt wird, in demselben Maße, wie er sich durch die Kammer fortbewegt. Der gummiisolierte Draht wird dann durch einen Trog mit trockenem Speckstein oder Talkum hindurchgeführt, worauf er auf einer rotierenden Scheibe sorgfältig in trockenem Talkum aufgewickelt und im offenen Dampf vulkanisiert wird. In manchen Fällen, besonders bei minderwertiger Isolation auf dünnen Drähten, wird der isolierte Draht durch ein Bad mit kaltem Wasser oder eine Talkumemulsion hindurchgeführt, und wird dann direkt auf einer Spule oder einem Haspel aufgewickelt. Danach vulkanisiert man ihn im offenen Dampf. Für dünne Leiter und da, wo eine Isoliermischung von hoher Plastizität, die im unvulkanisierten Zustand verhältnismäßig hart ist, verwendet werden kann, liefert das Spritzverfahren ein besonders einheitliches Produkt bei hoher Produktionsgeschwindigkeit. Eine Geschwindigkeit von 500 Fuß für Draht von 0,025 Zoll Durchmesser ist nicht ungewöhnlich. Dies Verfahren eignet sich aber nicht so gut für größeren Leiterdurchmesser, besonders für Mischungen höherer Plastizität. Man erreicht hier nur eine niedere Arbeitsgeschwindigkeit. Es ist auch schwierig, eine gleichmäßige Temperatur der Mischung und einen gleichmäßigen Druck aufrecht zu erhalten. Bei Vorkommen von Fehlern erhält man dann eine poröse und ungleichmäßige Isolation von ungleichmäßiger Dicke. Von äußerster Wichtigkeit ist eine gleichmäßige Plastizität der in die Spritzmaschine eintretenden Vorratsmischung. Die Temperaturkontrolle am Kopf und Fuß der Maschine sowie das Fehlen von toten Stellen in der Mischung ist dringend notwendig für einheitliche elektrische Eigenschaften. Änderungen in der Zusammensetzung der Mischung oder geringes Anbrennen, die noch keine äußeren sichtbaren Änderungen der physikalischen Eigenschaften hervorrufen, genügen oft schon, um die Isolation vollkommen unbrauchbar zu machen. Vorratsmischungen, die einen erheblichen Gehalt an organischen Füllstoffen aufweisen, sind in dieser Hinsicht nicht so empfindlich.

In Amerika und Europa war es jahrelang üblich, den Leiter zunächst mit einer kautschukreichen Mischung zu isolieren, die sich durch verschiedene Färbung von der Hauptisolation unterschied. Spritzmaschinen für dieses Verfahren liefen in großen Mengen. Während aber solche Art der Isolation in Amerika praktisch verschwunden ist, wird in Europa noch danach gearbeitet. Eine Verbesserung der gewöhnlichen Methode des Spritzverfahrens ist vor kurzem in Amerika entdeckt worden. Sie eignet sich besonders für kleinere Drahtstärken, das heißt für einen Durchmesser von 0,162 Zoll und kleiner. Bei diesem Verfahren der Western Electric Company ¹¹ wird der Draht fortlaufend vulkanisiert, so wie er

¹¹ Fortlaufende Vulkanisation: Lodge, J. E., A. P. 1 823 982 (1931); Lamplough, L. F., A. P. 1 823 981 (1931); Kivley, R. C., A. P. 1 788 527 (1931); Lamplough, L. F., A. P. 1 689 205 (1928), 1 689 206 (1928)

aus der Maschine kommt. Das Vulkanisieren geschieht durch Hochdruckdampf in einer langen Kammer. Der Kopf der Spritzmaschine wirkt als der Verschluss für den Hochdruckdampf. Die Mischung wird durch den Kopf um den Draht gegen den Druck in der Vulkanisierkammer gespritzt. Dies Verfahren hat außer einigen anderen noch wichtige Verbesserungen der Spritzmaschine zur Folge. Die Spritzmaschine ist mit einer automatischen Versorgungseinrichtung für die Mischung und einem starren Kopfhalter versehen, der einen konzentrischen Überzug liefert. Bei den gewöhnlichen Spritzmaschinen bleibt die Justierung des Kopfes dem Meister überlassen, und man erhält schlecht zentrierte Isolation, wenn der Kopf schlecht eingerichtet war. Die Zentrierung ändert sich häufig mit geändertem Druck. Daher gibt die automatische Versorgungseinrichtung für die Gummimischung einen gleichmäßigen Druck und sichert einen konstanten Fluß. Andere Maschinen haben Zusatzeinrichtungen für steigenden Druck, ohne daß dabei die Spindelgeschwindigkeit erhöht wird; damit wird die Gefahr des Anbrennens vermindert.

Streifenverfahren. Bei diesem Verfahren wird die Vorratsmischung in ein Fell von ungefähr $\frac{3}{64}$ Zoll auskalandert. Die Dicke wird aber je

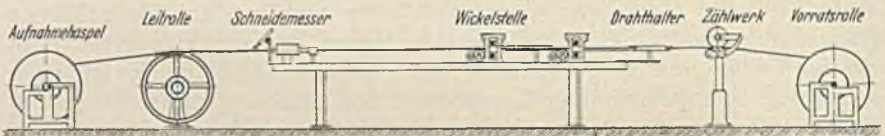


Abb. 934. Schematische Zeichnung einer Bedeckungsmaschine

nach der Dicke der erforderlichen Isolation geändert. Die Vorratsmischung wird dann etwa eine Woche auf Rocken aufbewahrt. Während des Austrocknens der Vorratsmischung wandert der Schwefel; man erhält dann eine gleichmäßigere Vulkanisation, als bei Verwendung frischer Vorratsmischungen. Bei geeigneter Handhabung kann man in diesem Verfahren eine solche Menge verschiedener Vorratsmischungen verwenden, so daß man sowohl sehr weiche wie sehr harte Gummiüberzüge bekommt. Die kalanderte Vorratsmischung wird dann in der vorher bestimmten Breite geschnitten, die von dem Drahtdurchmesser abhängig ist. Gewöhnlich gibt man sowohl in Breite und Dicke 20 Prozent zu. Die geschnittene Mischung, die auf Rollen ohne Zwischenlage aufgebracht ist, wird nun in die Bedeckungsmaschine gebracht. Die Mischung muß trocken genug sein, um abgenommen zu werden, ohne daß sie sich dehnt.

Die Bedeckungsmaschine besteht aus drei oder vier besonderen, aber synchron arbeitenden Einrichtungen, die auf einem gemeinsamen starren Rahmen montiert sind (Abb. 934). Jede Einheit ist einfach und besteht aus einem Drehtisch, auf dem das Falzmesser angebracht ist, ein poliertes Stück Metall, das den Kautschukstreifen der Länge lang um den Draht herumwickelt, schließlich aus einem Paar Schneidrollen, die die Mischung zusammenpressen, die Enden zu einer fortlaufenden festen Naht

zusammenwalzen, und die Ecken abschneiden. Durch ein Paar ausgehöhlte Schneidmesser werden die Ecken nochmals zu einer festen Naht zusammengedrückt und alles überflüssige Material weggeschnitten. Jede Einheit legt nur eine Kautschukbelegung beim Passieren des Drahtes auf, und zwar so, daß jede Naht auf der anderen Seite, entgegengesetzt zur vorigen Naht, liegt. Gleichzeitig mit dem Aufbringen der Isolation wird ein mit Kautschuk imprägniertes Leinenband spiralg und überlappend aufgewickelt. Dieses Leinenband hält die Isolation während des Vulkanisierprozesses fest. Sie schrumpft im Dampf zusammen und übt dadurch auf die Mischung einen Druck aus. Dadurch wird der Zusammenhalt an den Nähten und zwischen den einzelnen Lagen gesichert. Ein Leinenband von bestimmter Größe wird verwendet, wenn die Kabel ohne Umhüllung gebraucht werden sollen. Durch Eintauchen in Wasser kann das Leinenband entfernt werden.

Der isolierte Draht wird auf großen Isoliertrommeln aufgehaspelt und in offenem Dampf vulkanisiert. Bei dünnem Draht läuft er zwischen zwei Kautschukfellen und Hohlmessern hindurch, so daß auf jeder Seite eine Naht entsteht. Bei dickeren Kabeln wird ein einzelner Draht per Maschine isoliert. Bei dünnen Leitern mit verhältnismäßig dünner Isolation werden bis zu 25 Drähte auf einmal isoliert. In solchen Fällen wird kein Leinenband umgewickelt, sondern der Draht wird auf Haspeln aufgewickelt, geflochten und isoliert.

Es ist besonders wichtig, daß kalanderte Vorratsmischungen für Streifenbedeckung von gleichförmiger Plastizität sind, ferner von gleichmäßiger Dicke, frei von Fäden und Runzeln. Unvollkommenheit im Fell ergeben Lücken zwischen den einzelnen Belegungen. Ungleichmäßige Plastizität und ungleichmäßige Dicke ergeben einen mangelnden Zusammenhalt. Solche Defekte sind sehr schädlich, weil sie nicht durch einfache Mittel in der Fabrik entdeckt werden können, sondern direkt zu Fehlern im Betrieb führen. Das beste Mittel, sie zu entdecken, ist die Anwendung einer hohen Spannung für längere Zeit. Das beste Gegenmittel ist eine sorgfältige Kontrolle der Plastizität, und ein einheitlicher Fabrikationsgang, der strikte einzuhalten ist.

Bei der Fabrikation von Gummischnüren und Gummikabeln werden zur Anbringung des Überzuges, der aus einem mit bestem Gasruß gefüllten Gummimischung besteht, beide Verfahren angewandt. Solche Kabel werden im allgemeinen in Bleimänteln vulkanisiert, in derselben Weise wie Wasserschläuche; das Blei wird nach der Vulkanisation wieder entfernt.

Gummiaderkabel dieser Art werden manchmal als Cab-Type-Kabel bezeichnet. Ein Fabrikant in den Vereinigten Staaten vulkanisiert die Kabel in langen Formen und bei Drucken, so wie sie bei Gummimatten gebraucht werden. Dieses Verfahren ist kostspieliger, als das Vulkanisieren in Blei, aber die gleichmäßige Dichte und der hohe Widerstand gegen Abreibung lassen diese Kabel verwendbar erscheinen als schwere biegsame Kabel, die für außerordentlich harten Gebrauch bestimmt sind.

Elektrische Charakteristiken für Gummimischungen, für Drähte und Kabel

Es gibt kein vollkommenes Dielektrikum. Das ideale Isoliermaterial würde spezifische induktive Kapazität und dielektrische Festigkeit haben, aber keine Leitfähigkeit. Die Dielektrika und Isoliermaterialien der Praxis weisen bei zweien von ihnen große Unterschiede auf. 1. Alle Materialien haben eine mehr oder weniger große Leitfähigkeit. 2. Ihre dielektrische Festigkeit liegt weit unter dem theoretischen Wert für die Ionisation eines Einzelatoms. Diese beiden Eigenschaften der Isoliermaterialien sind eng miteinander verknüpft und werden durch Prüfungen ermittelt, um die Geeignetheit einer bestimmten Isolation für bestimmte Anforderungen zu ermitteln. Zum besseren Verständnis dieser Eigenschaften und ihrer Bedeutung im Kabelbetrieb sei die folgende kurze Übersicht gegeben. Für eine ausführliche Darstellung wird auf die großen Werke über die Theorie der Dielektrika verwiesen.

Gummimischungen besitzen bestimmte elektrische Eigenschaften, die sie für die Isolation von Kabeln und Drähten geeignet machen. Diese sind:

1. Isolationswiderstand.
2. Dielektrische Festigkeit.
3. Leistungsfaktor.
4. Spezifische induktive Kapazität (Dielektrizitätskonstante).

Im allgemeinen werden nur die Bestimmungen der beiden ersten Werte in der Fabrik an allen gummiisolierten Kabeln und Drähten ausgeführt, die in der elektrotechnischen Industrie angeboten werden. Während der letzten Jahre sind Gummimischungen entwickelt worden, die sich für Unterseekabel eignen. In diesen Kabeln spielen die beiden letztgenannten eine wichtige Rolle.

Isolationswiderstand. Der Isolationswiderstand an der Gummimischung ist definiert als der elektrische Widerstand gegen eine direkt angelegte Spannung, die einen Strom durch das Material zu schicken sucht.

Beim Anlegen einer Spannung an eine Gummimischung fließt ein verhältnismäßig hoher Ladestrom während einer kurzen Zeitdauer und nimmt dann bis zu einem kleinen Dauerstrom ab. Dieser Stromanstieg und -abfall ist offensichtlich das Resultat von drei Stromkomponenten: 1. ein kurzzeitiger Depolarisationsstrom, der durch das Loslösen von gebundenen Elektronen verursacht wird und als verhältnismäßig hoher Ladestrom in Erscheinung tritt; 2. eine reversible Ladung von verhältnismäßig langer Abklingdauer, hauptsächlich aus Ionen bestehend; 3. der wahre irreversible Leitungsstrom, der erst dann zustande kommt, nachdem die ersten beiden Ströme verschwunden sind.

Der wirkliche Isolationswiderstand von gummiisolierten Drähten und Kabeln wird bestimmt durch Messen des Dauerstromes, der nach einer Minute durch einen Gleichstrom von 100 bis 500 Volt hervorgebracht wird, der Leiter bleibt gegen den Überzug oder gegen Wasser negativ geladen. Die Bezugstemperatur für Wasser ist 60° F (15,5° C). Man rechnet alle Messungen bei anderen Temperaturen mit Hilfe eines Kor-

rektionsfaktors auf diese Temperatur um. Der Isolationswiderstand eines einzelnen gummiisolierten Drahtes kann nach folgender Formel berechnet werden:

$R = K \log \frac{D}{d}$, wobei R = der Isolationswiderstand in Megohm für die

Längeneinheit,

K = Konstante in Megohm. Wenn der Isolationswiderstand in Megohm/Meile ausgedrückt wird, so soll der Wert dieser Konstanten 4000 für eine 30proz. Gummimischung sein (nach Angaben des The American Institute of Electrical Engineers and the American Society for Testing Materials),

D = äußerer Durchmesser der Isolation,

d = Leiterdurchmesser.

Die Messungen des Isolationswiderstandes werden nach den Prüfungen mit Hochspannung gemacht, um die Gleichmäßigkeit und Gesundheit der Isolation zu überprüfen. Extrem hohe Werte des Isolationswiderstandes haben keine Bedeutung als Garantie für gute Herstellung und Betriebssicherheit. Es ist viel wichtiger, daß ein mittlerer Wert gemessen wird, der sich während des Betriebes nur wenig ändert.

Dielektrische Festigkeit. Die dielektrische Festigkeit von hochgradigen Gummimischungen beträgt 300 bis 500 Volt/mil. Von folgenden Gesellschaften sind in Amerika Standardmasse für die Dicke der Isolation festgesetzt worden: The American Institute of Electrical Engineers, The American Society for Testing Materials, The Insulated Power Cable Engineering Association und The National Board of Fire Underwriters. Der Zweck dieser Standardmasse ist der, eine geeignete Dicke der Isolation festzusetzen, deren dielektrische Festigkeit, den im Betrieb vorkommenden Spannungen mit einem geeigneten Sicherheitsfaktor widerstehen kann.

Um zu bestimmen, ob ein gummiisolierter Draht oder Kabel den oben erwähnten Anforderungen entspricht, wird eine Prüfung mit Hochspannung ausgeführt. Man macht diese Prüfung in der Fabrik so, daß man eine Wechselfspannung an den Leiter und den Überzug oder Wasser anlegt. Die anfänglich angelegte Spannung ist nicht größer als die Betriebsspannung des Kabels und wird mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit gesteigert, bis ein solcher Wert erreicht ist, der noch keine Dauerbeschädigung der Isolation hervorruft, aber alle vorhandenen Defekte anzeigt. Die Spannung wird während einer bestimmten Zeit, zwischen 1 bis 5 Minuten, was von der untersuchten Art der Isolation abhängig ist, aufrechterhalten. Z. B. werden Mischungen für Telegraphenkabel, die den Anforderungen des National Board of Fire Underwriters genügen, eine Minute lang geprüft; 30proz. Mischungen, entsprechend den Anforderungen der anderen oben genannten Verbände, prüft man 5 Minuten lang.

Die Beziehung zwischen elektrischer Festigkeit und Zeit ist für Papierisolation sehr gut bekannt, dagegen nicht so sehr für Gummiisolation. Private Untersuchungen haben gezeigt, daß eine richtig zusammengesetzte Gummiisolation nicht so stark angegriffen wird, wie Papier oder getränkte Leinwand.

Der große Fortschritt, der heute durch den Gebrauch von organischen Beschleunigern und Antioxydantien erzielt wird, liefert Produkte, die sehr beständig gegen mechanische Einwirkungen sind. In direkter Beziehung dazu steht die Verschlechterung der dielektrischen Festigkeit, die ebenfalls einen niederen Wert annimmt. Die anfängliche dielektrische Festigkeit wird viel weniger durch die Vulkanisationsdauer beeinflusst. Die gewöhnliche Dauer für das Eintauchen in Wasser beträgt vor der Prüfung 24 Stunden. Auf dem Kontinent fordert man eine längere Zeit und einen niederen Prüfdruck als in Amerika. Die Vorschriften des V. D. E. 1930 schreiben eine Zeit von 30 Minuten vor. In der nachfolgenden Tabelle wird eine vergleichende Übersicht der Isolationsstärken nach V. D. E. und A. S. T. M. gegeben.

T a f e l 1

Kupferquerschnitt in mm ²	Äquivalenter Kupfer- durchmesser in Zoll	2000 Volt		3000 Volt		6000 Volt		10000 Volt		15000 Volt	25000 Volt
		Wandstärke Zoll V. I. L. 1930	Wandstärke Zoll A. S. T. 1932	V. I. L. (Zoll)	A. S. T. M. (Zoll)	V. I. L. (Zoll)	A. S. T. M. (Zoll)	V. I. L. (Zoll)	A. S. T. M. (Zoll)	V. I. L. (Zoll)	V. I. L. (Zoll)
1,5	0,0545	0,059	0,125	0,0669	0,156	0,1182	0,219	—	—	—	—
2,5	0,0704	0,059	0,125	0,0708	0,156	0,1182	0,219	0,185	0,344	—	—
4,0	0,089	0,059	0,125	0,0708	0,156	0,1182	0,219	0,185	0,344	—	—
6,0	0,1092	0,059	0,125	0,0708	0,156	0,1182	0,219	0,177	0,344	—	—
10,0	0,1409	0,0669	0,141	0,0787	0,156	0,126	0,219	0,169	0,344	0,276	—
16,0	0,178	0,0669	0,141	0,0787	0,156	0,126	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
25,0	0,2225	0,0787	0,141	0,0865	0,156	0,126	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
35,0	0,264	0,0787	0,141	0,0865	0,156	0,126	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
50,0	0,315	0,0905	0,156	0,0945	0,156	0,134	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
70,0	0,373	0,0905	0,156	0,0945	0,156	0,134	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
95,0	0,433	0,1023	0,156	0,1023	0,156	0,134	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
120,0	0,487	0,1023	0,156	0,1023	0,156	0,134	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
150,0	0,545	0,1103	0,156	0,1103	0,172	0,142	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
185,0	0,607	0,1182	0,156	0,1182	0,172	0,142	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
240,0	0,689	0,126	0,156	0,126	0,172	0,1495	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393
300,0	0,772	0,134	0,156	0,134	0,1875	0,1495	0,219	0,169	0,344	0,276	0,393

Leistungsfaktor. Es wurde schon früher erwähnt, daß ein vollkommener Kondensator oder ein vollkommenes Dielektrikum keine Energieverluste

hat, wenn man eine Spannung an seine Enden legt. Das heißt, daß ein bestimmter Strom und Spannung dauernd in das Dielektrikum ein- und austritt, so daß zu einem gegebenen Zeitpunkt die ein- oder austretende Energie oder Leistung dargestellt wird durch die Gleichung:

$$W = E \times I$$

$$\text{Watt} = \text{Volt} \times \text{Ampere}$$

Weil nun das vorkommende Isoliermaterial kein vollkommenes Dielektrikum ist, absorbiert es Energie, wenn man die gleiche Spannung oder Potentialdifferenz an das Material legt. Der Betrag an rückkehrender Energie, der aus dem Dielektrikum zu der angelegten Elektrizitätsquelle zurückkehrt, ist immer geringer als die aufgedrückte Energie, wegen der Höhe der inneren Verluste. Man nimmt allgemein an, daß diese Verluste als Wärme verschwinden. Die obige Gleichung kann nun geschrieben werden:

$$W = E \times I (k)$$

$$= E \times I \times \cos \varphi$$

wo $\cos \varphi$ den Leistungsfaktor oder den Unterschied des Isoliermaterials von einem vollkommenen Dielektrikum darstellt.

Das nachstehende Vektordiagramm (Abb. 935) zeigt die Entwicklung von $\cos \varphi$

- I_1 = Strom durch ein vollkommenes Dielektrikum,
- I_2 = Strom durch ein unvollkommenes Dielektrikum,
- I_c = rückkehrender Strom,
- I_a = absorbierter Strom,
- φ = Winkel des Leistungsfaktors,
- E = aufgedrückte Spannung.



Abb. 935

Es ist also

$$\frac{\text{absorbierter Strom}}{\text{Gesamtstrom}} = \cos \varphi \text{ oder}$$

$$\text{absorbierter Strom} = \text{Gesamtstrom} \times \cos \varphi.$$

Der Leistungsfaktor ändert sich mit der Frequenz, mit der Temperatur und mit der mechanischen Belastung. Es ist daher bei isolierten Drähten und Kabeln erwünscht, daß das Dielektrikum keine schnelle Zunahme des Leistungsfaktor mit steigender Temperatur oder Spannung aufweist. Man kann Gummimischungen machen, deren Leistungsfaktor-Temperaturkurven, und Leistungsfaktor-Belastungskurven den der Papierisolation gleichen und viel besser sind als von getränkter Leinwand. Die Änderung des Leistungsfaktors mit der Spannung ist von großer Wichtigkeit, weil man die Abhängigkeit als Maß für die Freiheit der Isolation an Luftblasen benutzen kann. Wenn die Leistungsfaktorspannungskurve eine plötzliche Zunahme der Neigung aufweist, so ist das ein zuverlässiger Nachweis für ionisierte Gasblasen.

Spezifische induktive Kapazität (Dielektrizitätskonstante). Werden Gummimischungen einer elektrischen Spannung ausgesetzt, so bekommen

sie eine Ladung. Ein gummiisolierter Draht wirkt als Kondensator, dessen Kapazität gleich ist dem Verhältnis von Ladung zur Potentialdifferenz. Da diese Kapazität von der Dicke der Isolation, dem Durchmesser des Leiters und der Länge des Drahtes abhängig ist, so gibt es keine direkte Anzeige für die Fähigkeit, mit der die Isolation eine Ladung festhält. Der Ausdruck: spezifische induktive Kapazität (Dielektrizitätskonstante), die von den oben angegebenen Größen unabhängig ist, wird dafür gebraucht. Er ist definiert als das Verhältnis der Kapazität eines gegebenen Kondensators mit der Gummimischung als Dielektrikum zu derjenigen eines gleichen Kondensators mit Luft als Dielektrikum.

Die Dielektrizitätskonstante von Rohkautschuk ist ungefähr 2,5. Man kann Gummimischungen herstellen mit Dielektrizitätskonstanten, die von 2,8 bis 9 oder 10 reichen. Infolge des weiten Bereiches dieser Konstanten kann man Gummiaderkabel anfertigen mit solchen Dielektrizitätskonstanten, daß die Verteilung des Spannungsabfalls innerhalb der Isolation gleichmäßig ist.

Weil die Dielektrizitätskonstante gegen Feuchtigkeit außerordentlich empfindlich ist, ist es möglich, die relative Zunahme der Feuchtigkeit durch die Zunahme der Dielektrizitätskonstanten der Gummimischung zu messen. Das ist nicht allein ein gutes Mittel für die Kontrolle, sondern gibt auch ein Urteil über die Güte der Mischung an, falls das Kabel im Betrieb unter sehr feuchten Bedingungen arbeiten muß.

Bis in die letzte Zeit wurden Gummimischungen dank ihrer hohen Dielektrizitätskonstanten nur kurzer Betriebszeit unterworfen. Jetzt indessen werden Mischungen mit einer Dielektrizitätskonstante kleiner als 3,0 von der Regierung der Vereinigten Staaten für lange Betriebszeiten als Unterseekabel benutzt.

Die Kapazität eines Einleiterkabels wird nach folgender Gleichung erhalten:

$$C = \frac{0,02413 \times K}{\log \frac{D}{d}}$$

C = Kapazität in Mikrofarad per Kilometer

K = Dielektrizitätskonstante

D = Durchmesser des Kabels

d = Durchmesser des Kupferleiters

Isoliermischungen

Wie oben erwähnt, kann man Kautschuk durch Zumischen so weitgehend verändern, daß es innerhalb weitgehender Grenzen möglich ist, eine Gummiisolation für fast jede Anforderung herzustellen. Indessen gibt es Vorschriften, nach denen der größte Teil der Gummiisolationen angefertigt wird. Lange Jahre hindurch waren diese Vorschriften mit dem größten Nachdruck auf den chemischen Anforderungen aufgebaut. Man wollte durch solche Art Vorschriften nicht allein die Menge des verwen-

deten Kautschuks, sondern auch die Art prüfen und kontrollieren. Deswegen mußten alle organischen Materialien ausgeschlossen bleiben, weil sie alle Extrakte verunreinigten, und so eine wahre Bestimmung der Art und Natur des verwendeten Kautschuks unmöglich machten. Zur Zeit der Annahme der Vorschriften waren solche Sicherheitsmaßnahmen nötig, und haben sich als sehr nützlich erwiesen. Man konnte nach diesen Vorschriften dauernd Mischungen von guter Qualität herstellen. In der Zwischenzeit ist der Plantagenkautschuk aber sehr verbessert worden, und man hat große Fortschritte in seiner Herstellung gemacht. Weiterhin ist der größte Fortschritt seit der Erfindung der Vulkanisation durch die Verwendung der organischen Materien zustande gekommen, die diese Vorschriften verbieten. Heute verwendet man sie in steigender Menge.

Die Automobilindustrie verlangte neue Zündkabel, und war vielleicht die erste Industrie, die, nach den unbefriedigenden Erfahrungen mit Isolation auf rein chemischen Gesichtspunkten, zuerst isolierten Draht in vervollkommener Form kaufte. Manche Vorschriften in Europa und Amerika verbieten noch jetzt alles organische Material, ausgenommen Paraffin und Ozokerit. Beispiele dafür sind in Deutschland V. I. L., die amerikanische Eisenbahngesellschaft und manche amerikanische gemeinnützige Gesellschaften. In Amerika haben zuerst das Draht- und Kabelkomitee der National Electric Light Association und die amerikanische Gesellschaft für Materialprüfung verbesserte Vorschriften ohne chemische Prüfungen entworfen.¹² Ich werde daher die vervollkommeneten Mischungen in meine Diskussion mit einschließen. Es gibt im allgemeinen fünf Mischungstypen. Typ 1 wird als Installationsdraht benutzt und entspricht den Anforderungen des National Board of Fire Underwriters, der Versicherungsinteressen vertritt. Typ 2, ohne besondere Vorschriften, stellt einen Typ dar, der von vielen Verbrauchern als Installationsdraht verwendet wird; er eignet sich auch für manche besondere Anforderungen. Er wird leider als »Intermediate Grade« bezeichnet. Das kommt daher, weil sein Zähigkeitsprodukt mitten zwischen dem Typ 1 der Feuerversicherungsvorschriften und einer 30proz. Mischung liegt. Hinsichtlich Isolation und Alterung ist er daher eine sehr ausgezeichnete Mischung. Typ 3 ist eine vervollkommnete Mischung. Er wird in so vielen Modifikationen hergestellt, daß kein einzelnes Beispiel genügt, ihn zu beschreiben. Er kann jeden Prozentgehalt Kautschuk enthalten. Typ 4 ist als die Mischung bekannt, die 30 Prozent Mineral oder anorganische Füllstoffe enthält. Er genügt den Vorschriften der A. I. E. E. und denen der Signalabteilung der amerikanischen Eisenbahngesellschaft. Typ 5 ist die Deckmischung für Gummischlauchkabel.

Innerhalb jeder Klasse oder jeder Vorschrift ist für jede Mischung eine derartige Abänderung der Zusammensetzung erlaubt, daß die oben gegebenen Mischungen nur als allgemeine Typen, nur mit Ausnahme von Typ 4, angesehen werden können. Um die amerikanische Praxis zu verstehen, sollen diese Beispiele nur eine Hilfe darstellen.

¹² Amer. Soc. Test. Mater. Bull. D 355—32 T

Typ 1 :

	Gewichtsprocente
Smoked Sheets	15,0
Regenerat	25,0
Mineral Rubber	15,0
Ton	15,0
Kreide	28,5
Schwefel	1,0
Beschleuniger	0,2
Antioxydant	0,3
	100,0

Diese Art Mischung wird für die Verarbeitung nach dem Streifenverfahren etwas verändert, damit sie eine größere Steifheit im unvulkanisierten Zustand erhält. Mit wechselnden Marktpreisen kann auch der Gehalt an Regenerat wechseln; man setzt allgemein 3 Pfund Regenerat gleich 1 Pfund Kautschuk. Eine kurze Zusammenfassung der elektrischen und physikalischen Eigenschaften wird im folgenden gegeben.

Physikalische Eigenschaften. Die Isolation wird vom Drahte abgestreift, und Marken 2 Zoll voneinander entfernt angebracht. Überschreitet die Isolationsdicke $\frac{5}{64}$ Zoll nicht, so wird das Muster gedehnt bis die Marken 5 Zoll voneinander entfernt sind. Unmittelbar danach läßt man los, zwei Minuten danach sollen die Marken nicht über $2\frac{1}{2}$ Zoll voneinander entfernt sein. Das Muster muß dann eine Dehnung von 6 Zoll ohne Bruch aushalten. Ist die Dicke größer als $\frac{5}{64}$ Zoll, so liegt das Maximum der Dehnung vor dem Bruch bei 5 Zoll. Die nötige Bruchlast ist nicht weniger als 500 Pfund per Quadratzoll.

Chemische Eigenschaften. Für die Gummimischung sind fünf chemische Prüfungen erforderlich: Aceton-Extrakt, Extrakt mit alkoholischer Lauge, Chloroformextrakt, Asche und Gesamtschwefel. Die Summe dieser fünf Prüfungen soll 80 Gewichtsprozent der Mischung nicht übersteigen.

Elektrische Eigenschaften.

1. Hochspannung. Nach zwölfstündigem Eintauchen in Wasser wird die Spannung nach Tafel 2 eine Minute angelegt.
2. Der kleinste Isolationswiderstand, gemessen nach derselben Zeitdauer des Eintauchens, soll in Übereinstimmung mit Tafel 3 gefunden werden.

Tafel 2

Größe A W G oder Cir. Mils	Hochspannungsprüfung					
	Angelegte Spannung (Gleich- od. Wechselstrom)					
	600	1500	2500	3500	5000	7000
	Kilovolt					
14 bis 8	1,5	6,0	8,0	10,0	12,5	17,5
7 bis 2	2,0	7,0	9,0	10,0	12,5	17,5
1 zu 4/0	2,5	8,0	10,0	10,0	12,5	17,5
225 000 zu 500 000	3,0	9,0	10,0	11,25	12,5	17,5
525 000 zu 1 000 000	3,5	10,0	10,0	12,5	12,5	17,5
über 1 000 000	3,5	10,0	10,0	12,5	12,5	17,5

T a f e l 3

Isolationswiderstand

Größe	Angelegte Spannung					
	600	1500	2500	3500	5000	7000
A W G oder Cir. Mils	Megohm-1000 Fuß bei 60° F (15,5° C)					
14 bis 8	1500 bis 1000	1600	1900	2200	2400	3000
7 bis 2	1000 bis 625	1000	1200	1300	1500	1800
1 zu 4/0	750 bis 500	700	800	800	1000	1200
225 000 bis 500 000	500	500	600	650	700	900
525 000 bis 1 000 000	500	400	400	500	500	650
über 1 000 000	600 bis 250	300	300	350	400	500

T y p 2

	Gewichtsprocente
Smoked Sheets	20,0
Regenerat	30,0
Mineral Rubber	10,0
Ton	15,0
Kreide	18,0
Schwefel	1,25
Beschleuniger	0,20
Antioxydant	0,50
Zinkoxyd	5,0
	99,95

Physikalische Eigenschaften. Bruchlast: Pfund per Quadratzoll 850; Dehnungsminimum: in Stücken zu 2 Zoll bei Bruch 8,5 Zoll; bleibende Dehnung: nach dem Dehnen von 2 Zoll auf 6 Zoll bei einer Geschwindigkeit von 20 Zoll per Minute $\frac{3}{8}$ Zoll; Alterungsprüfung: keine größere Abnahme als 25% nach einer Behandlungsdauer von 96 Stunden im Luftstrom; ferner nicht mehr als 20% nach einer Behandlungszeit von 24 Stunden in einer Sauerstoffatmosphäre bei 300 Pfund Druck (21 atü) und 70° C.

Chemische Eigenschaften. Gewöhnlich keine. In einigen Fällen soll die Summe der Extrakte, Gesamtschwefel und Asche, wie unter Typ 1 nicht mehr als 25% betragen.

Elektrische Eigenschaften.

1. Es wird dieselbe Spannungsprüfung angewandt wie bei Typ 4.
2. Die Anforderung an den Isolationswiderstand ist geringer als für die 30proz. Mischung. Der Isolationswiderstand ist gegeben durch die Formel:

$$R = K \times \log \frac{D}{d}$$

wo R = der Isolationswiderstand in Megohm per Meile ist.

Typ 3

Bei diesem Typ kann man organische Füllstoffe verwenden oder weglassen. Es ist z. B. möglich, die Anforderungen der verbesserten Vorschriften zu erfüllen, indem man eine Mischung mit trockenen Mineralstoffen einfach durch die Zufügung von Antioxydantien und Beschleunigern ändert. Diese Mischung behält ihre Eigenschaften, nur die Alterung bessert sich. Die verbesserte Mischung kann sowohl Regenerat wie Mineral-Rubber enthalten. In unserem Beispiel haben wir einen Typ ausgewählt, der beide enthält.

	Gewichtsprocente
Smoked Sheets	35,0
Regenerat	10,0
Mineral-Rubber	10,0
Ton	10,0
Kreide	18,0
Schwefel	1,25
Beschleuniger	0,20
Antioxydant	0,50
Zinkoxyd	15,0
	99,95

Für einige Beschleuniger ist ein geringer Gehalt an Bleiglätte nötig. Dafür läßt man eine entsprechende Menge Zinkoxyd weg.

Physikalische Eigenschaften. Bruchlast: Minimum Pfund per Quadratzoll 1200; Dehnung: Minimum in Längen zu zwei Zoll bei Bruch 10 Zoll; bleibende Dehnung: 5 Sekunden nach dem Strecken von 2 auf 6 Zoll bei einer Geschwindigkeit von 20 Zoll per Minute $\frac{3}{8}$ Zoll; Bruchdehnung: Minimum bei 200% Dehnung 300 Pfund/Quadratzoll; Alterung: a) Geerofen 96 Stunden 70° C Maximalrückgang 15%, b) Sauerstoffbombe 96 Stunden 70° C Maximalrückgang 25%.

Chemische Eigenschaften: Keine.

Elektrische Eigenschaften. Die elektrischen Eigenschaften sind dieselben, wie für Typ 4 gefordert; es kommt hinzu eine Prüfung der Feuchtigkeitsaufnahme. Die Dielektrizitätskonstante dieser Mischung soll um 3,9 herum liegen, während die Dielektrizitätskonstante von Typ 4 ungefähr 5,5 ist. Die Durchschlagsfestigkeit von Typ 4 ist in der Größenordnung von 250 Volt per mil, während die Festigkeit des verbesserten Typs in der Größenordnung von 500 Volt per mil ist. Für besondere Anwendungen sind diese Eigenschaften eine entschiedene Verbesserung, während sie für Kraftübertragung bei niederer Spannung einen zusätzlichen Sicherheitsfaktor darstellen.

Typ 4

Die unten gegebene Mischungsformel gibt eine Gummiisolation, die den Anforderungen einer großen Reihe von Vorschriften entspricht. Die Hauptunterschiede dieser Vorschriften liegen in den physikalischen

Eigenschaften und einem Minimum des spezifischen Gewichtes. V. I. L. verlangt ein Mindest-Spezifisches-Gewicht von 1,5, das American Institute of Electrical Engineers und die Amerikanische Gesellschaft für Materialprüfung für eine 30proz. Mischung fordern 1,75. Die Signalabteilung der amerikanischen Eisenbahngesellschaften läßt ein spezifisches Gewicht von 1,85 zu. Die folgende Mischungsformel genügt allen drei Vorschriften hinsichtlich des spezifischen Gewichtes.

	Gewichtsprozente
Up River Fine Dry Para Rubber .	32,0
Zinkweiß	36,0
Kreide	23,0
Bleiglätte	5,0
Paraffin oder Ozokerit	2,0
Schwefel	2,0
	100,0

Für die meisten Zwecke genügt es, an Stelle von Up River Fine Para die gleiche Menge Smoked Sheets zu verwenden. Die Mengen Zinkweiß und Kreide werden so abgestimmt, daß das gewünschte spezifische Gewicht herauskommt. Das vermindert in Wirklichkeit das verwendete Volumen Kautschuk und hat eine Verminderung des Isolationswiderstandes zur Folge. Die Isolationsanforderungen für diese Mischung werden weiter unten gegeben. Die folgende kurze Beschreibung der physikalischen, chemischen und elektrischen Eigenschaften für eine 30proz. Mischung ist der A. S. T. M.-Vorschrift D 27 bis 28 T entnommen.

Physikalische Eigenschaften. Muster der fertigen Isolation, die vom Leiter mit einem scharfen Messer abgeschnitten sind und Marken im Abstand von 2 Zoll tragen, sollen folgende Grenzwerte aufweisen:

Bruchlast: Minimum Pfund per Quadratzoll 1000; Dehnung: Minimum einer 2-Zoll-Probe beim Bruch 9 Zoll; bleibende Dehnung einer 2-Zoll-Probe 5 Sekunden nach Aufhören der Dehnung, nachdem man die Probe mit einer Geschwindigkeit von 20 Zoll per Minute auf 6 Zoll gedehnt hat $\frac{3}{8}$ Zoll; Dehnungs- und Bruchlastprüfung sollen an besonderen ungedehnten Stücken vorgenommen werden.

Chemische Eigenschaften. Die Mischung soll außer Fine Para oder Smoked Sheets nur folgende Stoffe enthalten: Schwefel, anorganischer mineralischer Füllstoff und raffiniertes festes Paraffin oder Ceresin. Es soll weder Bleimennige noch Kohle darin sein. Nach der Vulkanisation muß die Mischung folgenden Anforderungen entsprechen, die Resultate werden in Gewichtsprozenten des ganzen Musters angegeben.

Kautschuk zwischen	30 bis 33%
Kohlenwasserstoffe unter	4%
Freier Schwefel unter	0,07%.

Ferner gelten für die Mischung die Zahlen der Tabelle 4, man bezieht die Zahlen auf den wirklich gefundenen Kautschukgehalt.

T a f e l 4

Grenzen der chemischen Analyse

	Kautschukgehalt der Mischung			
	30%		33%	
	Max.	Min.	Max.	Min.
Verseifbarer Extrakt	1,35	0,55	1,50	0,60
Unverseifbare Harze	0,45	—	0,50	—
Chloroformextrakt	0,90	—	1,00	—
Extrakt mit alkoholischer Lauge	0,55	—	0,60	—
Gesamtschwefel	2,10	—	2,30	—
Spezifisches Gewicht	—	1,75	—	1,67

Der Acetonextrakt darf in Lösung nicht fluoreszieren, seine Farbe (60 ccm) soll nur hellgelb sein. Die Kohlenwasserstoffe sollen fest wachsartig und hellbraun aussehen, während der Chloroformextrakt (60 ccm) nicht dunkler als hellgelb sein soll.

Elektrische Eigenschaften.

1. Hochspannungsprüfung. Die Hochspannungsprüfung nach der folgenden Tafel soll 5 Minuten dauern.
2. Isolationswiderstand. Das Minimum des Isolationswiderstandes wird durch folgende Formel wiedergegeben:

$$R = K \times \log \frac{D}{d}$$

wo $K = 4000$ ist.

T a f e l 5

Hochspannungsprüfung

Größe AWG oder cir. mils	Angelegte Spannung (Gleich- und Wechselstrom)											
	600 oder weni- ger	750	1500	2500	3500	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000
14—8	3,0	4	6	8	10,0	13	16	17	18	20	22	24
7—6	3,5	5	7	9	10,0	13	16	17	18	20	22	24
5—2	3,5	5	7	9	10,0	13	16	19	22	25	28	31
1—0000	3,5	6	8	10	10,0	13	16	19	22	25	28	31
0,25—0,5 ci*	4,0	8	9	10	11,5	13	16	19	22	25	28	31
0,55—1,0 ci*	4,0	9	10	10	13,0	13	16	19	22	25	28	31
1,25—2,0 ci*	4,0	10	10	10	13,0	16	19	22	22	25	28	31

* ci=circular inch= 1×10^6 circular mils

T y p 5

Für diese Mischung gibt es keine elektrische Anforderungen. Die hauptsächlichsten physikalischen Eigenschaften sind hohe Reißfestigkeit, langes Leben, hoher Widerstand gegen Abreibung und mittlere Ölbeständigkeit. Allen diesen Anforderungen genügt eine gute Mischung mit

Kohlenschwarz. Um die Ölbeständigkeit zu verbessern, fügt man die mannigfachsten Mischungsbestandteile hinzu. Wird die Mischung als Kabelumhüllung gebraucht, so braucht der Zusatz an Kohlenruß selten so hoch zu sein, wie in einer Mischung für Gummimatten.

	Gewichtsprozente
Smoked Sheets	100,0
Gasruß	40,0
Stearinsäure	4,0
Zinkweiß	5,0
Antioxydant	1,0
Beschleuniger	0,50
Schwefel	3,0
Paraffin oder Ozokerit	2,0
Fichtenholzteer	2,0
	157,50

Wie man aus der obigen Formel sieht, handelt es sich um eine Gummimattenmischung, die man all den Änderungen und Verbesserungen unterwerfen kann, die dem Gummifachmann bekannt sind. Über die physikalischen Eigenschaften solcher Mischungen braucht man nicht zu diskutieren. Die Prüfungen zur Verbesserung der Alterung, Abreibungswiderstand, Härte und Reißwiderstand sind seit langer Zeit von den Reifenfabrikanten verwendet, um die gewünschten Eigenschaften zu erreichen (Abb. 936).

Sondermischungen

Manche Änderung der vorher erwähnten Klassen von Mischungen könnte eigentlich besser unter der Überschrift Sondermischungen besprochen werden. Manche Sonderausführung wie Mischungen, die sich leicht abstreifen lassen, wie sie besonders von der Radioindustrie verlangt werden, Isolation für Telephondrähte, und Mischungen mit 40% trockenen Mineralstoffen, wie sie manche Vorschriften verlangen, würden hierher gehören. Wir werden uns auf einige der besser bekannten Typen für hochwertige Isolation beschränken; zu diesen gehören ozonbeständige Mischungen, wärmebeständige Mischungen und Mischungen für Unterseekabel, wegen ihrer geringen Feuchtaufnahme und ihres hohen Widerstandes gegen Feuchtaufnahme.

Ozonbeständige Mischungen. Es ist bekannt, daß Kautschuk, der einer Ozonatmosphäre ausgesetzt ist, rasch zu einem brüchigen Ozonid oxydiert wird. Der Effekt ist besonders sichtbar, wenn die Kautschukmischung unter Spannung steht. Werden die Eigenschaften der Mischung so ausgewählt, daß sie eher plastisch als elastisch im Bereich der vor kommenden Kräfte ist, so lassen sich hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen Ozon gewisse Verbesserungen erzielen. Die inneren Spannungen, die durch irgendwelche äußeren Kräfte hervorgerufen werden, sind um so weniger intensiv, je plastischer die Mischung ist.¹³ Die Pa-

¹³ Kearsley, E. P. W., Rub. Age 27 (1930) H. 12

raffinbehandlung von Kautschuk wird seit langem benutzt und ist K r e u s l e r und B u d d e patentiert worden.¹⁴ Paraffin indessen bringt nur wenig Hilfe und ist kein dauerndes Heilmittel; tatsächlich wurde es als ganz unwirksam gefunden.¹⁵ Eine andere Methode, um die Einwirkung von

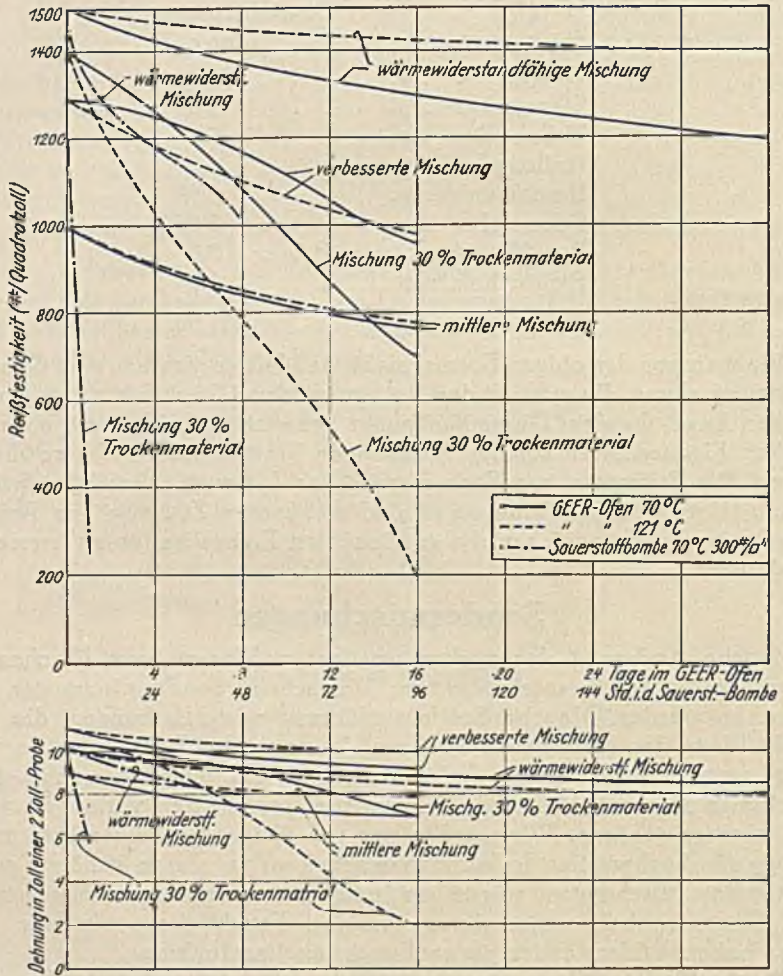


Abb. 936. Physikalische Eigenschaften von Gummimischungen

Ozon zu vermindern, ist der Gebrauch von Mischungen mit niedriger Dielektrizitätskonstante. Man kann so Kabel anfertigen, die unter normalen Bedingungen niemals über ihre zulässige Grenze gedehnt werden können, und verhindert auf diese Weise Ionisation oder Koronabildung. Der Grundsatz, nach dem dieses erreicht wird, ist kurz folgender: Wird ein gummiisolierter Draht, mit einem fest umschließenden metallischen Überzug

¹⁴ D. R. P. 18 740 (August 1881)

¹⁵ Somerville, Ind. Engng. Chem. (Dezember 1929)

versehen, der geerdet ist, so trägt die Gummiisolation die volle Spannung. Wird indessen der Draht mit einem lose umschließenden metallischen Leiter überzogen, der nicht die geerdete Oberfläche berührt, so wird die Spannung teils vom Kautschuk, teils von der Luft aufgenommen. Je größer die Dielektrizitätskonstante des Kautschuks ist, desto größer ist der Spannungsanteil der Luft. Luft hat die Dielektrizitätskonstante 1. Als Dielektrikum ist sie weich gegenüber Kautschuk, und wenn sie genügend belastet wird, treten Ionen auf, die Ozon auf der Oberfläche der Isolation hervorbringen. Im Dunkeln ist diese Ionisation als Lichtschein um den Draht zu sehen und ist bekannt als Korona. Es folgt daraus, daß, je niedriger die Dielektrizitätskonstante ist, desto höher die Spannung am Kabel sein kann, ehe die Koronabildung einsetzt. Die Schwierigkeit dieser Schutzmethode ist aber die, daß häufig anormale Spannungen oder Wanderwellen vorkommen, die man schwer voraussehen kann. Es gibt aber in Kupferleitern großer Länge erhebliche Mengen Luft in den äußeren Litzen, besonders wenn das Kabel gebogen ist. Diese Luft befindet sich unter hoher Spannung und bricht unter Koronabildung zusammen, indem sie das Innere der Isolation schädigt.

Die beste Methode des Schutzes gegen Koronawirkung ist die Verwendung einer Mischung von hoher dielektrischer Festigkeit, einer verhältnismäßig niederen Dielektrizitätskonstante (ungefähr 4), die selbst wenig durch Koronawirkung angegriffen wird. Diese Mischungen werden gewöhnlich durch Zusetzen einer großen Menge von geschwefeltem Bitumen oder Faktis zu Kautschuk hergestellt. Sie enthalten außerordentlich viel organische Materie und haben eine Reißfestigkeit von ungefähr 500 Pfund per Quadrat Zoll, trotzdem ihre Dehnung nur ungefähr 10 Zoll beträgt. Weil sie mehr Plastizität als Elastizität haben, genügen sie auch den anderen Bedingungen gegen Koronaschutz. Die bestbekannte Mischung dieser Art ist »Kerite«, die ungefähr um das Jahr 1860 in den Vereinigten Staaten entdeckt wurde.¹⁶ Aus der Patentliste geht hervor, daß man noch verschiedene Verbesserungen gemacht hat. Diese verschiedenen Sorten, deren Namen meistens auf »ite« endigen, sind in Amerika und auf dem Kontinent mit bestem Erfolg gebraucht worden. Es ist interessant, festzustellen, daß in dem Patent Nr. 210 407 vom 3. Dezember 1878 schon die ozonbeständigen Eigenschaften erkannt wurden. »Ozon, das Guttapercha in 1 bis 2 Stunden zerstört, wirkt nicht darauf ein und seine Isolierfähigkeit bleibt erhalten.«

Wenn wir irgend eine gute Kautschukmischung hernehmen, die den Vorschriften genügt, und biegen einen isolierten Leiter in ein U über einem Dorn von dem vierfachen Durchmesser des Kabels, legen den Bogen des U auf eine geerdete Metallplatte, so wird die Isolation innerhalb 5 Minuten vollkommen zerstört werden, wenn wir eine Spannung von 100 Volt per Mil an die Isolation legen. Eine koronabeständige Mischung zeigt nach Tagen nicht die geringste Einwirkung. Diese

¹⁶ Kerite: Brixey, W. R., A. P. 728 851 (1903); Day, A. G., A. P. 6707 (1875), 6708 (1875), 210 410 (1877), 210 406 (1877), 210 407 (1877), 210 408 (1877), 210 409 (1877), 210 411 (1877), 322 802 (1885)

Mischungen zeigen einen wechselnden Gehalt an Kautschuk und Bitumen. Das Bitumen wird aus sehr viel Leinöl und sehr sorgfältig geschwefelten Asphaltstoffen zusammengesetzt.

Wärmebeständige Mischungen. Es gibt viele Installationen, bei denen man mit Wärme und Feuchtigkeit zu tun hat. Der Kautschuk widersteht der Einwirkung von Feuchtigkeit ausgezeichnet, aber kann gewöhnlich die Hitze nicht vertragen. Solche Bedingungen trifft man z. B. in Kesselräumen, Lokomotiven und in sehr vielen Fabriken. Es gibt verschiedene Beschleuniger, die manchen Gummimischungen ausgezeichnete Alterungseigenschaften verleihen; durch geeignete Zusammensetzung kann man solche Mischung auch wärmebeständig machen. Wir haben in einem Kurvenbild die physikalischen Eigenschaften einer solchen Mischung dargestellt. Es muß beachtet werden, daß solche Mischungen Temperaturen von 121° C gut vertragen, während gewöhnlich beschleunigte Mischungen bei dieser Temperatur nicht mehr recht zu gebrauchen sind. Die dabei benutzten Beschleuniger sind Tetra-Methylthiuram-Di-sulfid und -tetra-sulfid.¹⁷

Unterseekabel. Diese Mischung teilt man in zwei Klassen, vulkanisierte Mischungen und unvulkanisierte plastische Massen. Die plastischen Massen werden nur als Ersatz für Guttapercha benutzt. Die bestbekannte dieser Art ist eine Mischung aus eiweißfreiem Kautschuk, gereinigter Guttapercha und besonderen Wachsen.^{18 19} Die vulkanisierte Mischung wird hauptsächlich für Küstenstrecken von Unterseetelephonkabeln gebraucht, und bestehen aus Mischungen von ungefähr 60% Kautschuk. Sie besitzen eine bemerkenswerte niedere Feuchtigkeitsaufnahme und können mit einer Dielektrizitätskonstante unter 3 hergestellt werden.

Latex. In den letzten Jahren ist sehr viel Arbeit darauf verwendet worden, um isolierten Draht aus Latex herzustellen. Man hat mit mehr oder weniger Erfolg zwei Methoden dazu benutzt, nämlich das Verfahren der Elektroplattierung und den Tauchprozeß. Auf beide Arten hat man etwas Draht hergestellt. Diese Verfahren haben nur dort besonderes Interesse, wo man eine dünnwandige Isolation braucht und der fertige Draht nicht der Feuchtigkeit ausgesetzt wird. Wenn man auch schon große Erfolge erzielt hat, hinsichtlich der Feuchtigkeitsabsorption von Latexfilmen, so müssen doch noch weitere Verbesserungen gemacht werden und ein billigeres Ausgangsmaterial zur Verfügung stehen, damit Gummiisolationen aus Latex mit Nutzen bei der Herstellung isolierter Kabel verwendet werden können.

Ersatzmaterialien für Kautschuk

In der vergangenen Zeit sind viele Sorten künstlichen und synthetischen Kautschuks erzeugt worden. Man hat sie durch Polymerisation von Butadien und Isopren und Dimethyl-Butadien gewonnen. Die Produkte hatten gewisse Kautschukeigenschaften, waren aber unglücklicherweise

¹⁷ The Vanderbilt News 2 (April 1932) S. 26

¹⁸ Kemp, A. R., A. P. 1 829 992 (1929)

¹⁹ J. Franklin Inst. 211 (1931) H. 1 S. 48

wie Kautschuk nicht öl- und ozonbeständig und konnten den Wettbewerb mit dem Preis des Kautschuks nicht aushalten.

Es gibt noch zwei andere Materialien, die zwar kautschukartig sind, die man aber keinesfalls Kautschuk nennen kann. Beide zeigen Eigenschaften, die diejenigen des Kautschuks ergänzen. Eins dieser Produkte ist das Polymere von Chloropren.²⁰ Die plastische Form dieses Materials, das als »Duprene« bekannt ist, kann fast in derselben Weise wie Kautschuk gemischt und vulkanisiert werden. Das fertige Produkt ist wärme-, öl- und ozonbeständig, und stellt daher eine wertvolle Ergänzung des Kautschuks für Schutz- und Isolierzwecke dar.

Das zweite Produkt, das ebenfalls eine nützliche Verwendung als Isoliermaterial und Schutzüberzug für Kabel gefunden hat, ist »Thiokol«.²¹ Thiokol ist das Reaktionsprodukt von Olefinen mit Polysulfiden. Die Analyse ergibt ungefähr 82% Schwefel und 15,5% Kohlenstoff. Es läßt sich in derselben Weise wie Kautschuk behandeln und wirkt mit Kautschuk gemischt wie viele der gewöhnlichen Füllstoffe.²² Mischungen mit Thiokol widerstehen allen vorkommenden Lösungsmitteln und Ölen. Der Widerstand gegen Feuchtigkeitsaufnahme ist etwas höher als bei Kautschuk; es wird durch Sonnenlicht oder Ozon angegriffen. Als Kautschukersatz wird es eine Menge nützlicher Anwendungen als Isoliermittel finden.

In den letzten 10 Jahren ist der Fortschritt der Kautschuktechnologie isolierter Kabel sehr groß gewesen, weil man manches neue Material fand, und die technischen Anforderungen besser verstehen lernte. Man kann hoffen, daß in Zukunft der Kautschuktechnologe noch größere und sichere Fortschritte machen wird, wenn er auf wissenschaftliche Weise seinem Problem zu Leibe geht.

Beschleunigte Alterung

In Betrieb befindliche Kabel mit Gewebe oder Bleimänteln, und besonders Kabel in Häusern neigen zur erhöhten Alterung, mehr als andere Gummiartikel. Die Kabel müssen lange Zeiten in Betrieb sein, daher sind hier Methoden zur Bestimmung der Lebensdauer viel wichtiger, als in irgend einem anderen Zweig der Kautschukindustrie. Die zwei Hauptalterungsfaktoren sind Hitze und Sauerstoff. Wir können die Betrachtung der Feuchtigkeit und des Sonnenlichtes auslassen, welche Bedingungen für Kabel abnorm sind, mit Ausnahme von Gummiadernkabel und Unterseekabel; zum mindesten haben sie eine beschleunigte Wirkung auf normal vorkommende Reaktionen. Die Lebensdauer der Gummiisolation ist abhängig von der Aufrechterhaltung der physikalischen Eigenschaften. Daher werden die elektrischen Eigenschaften erst dann erheblich geändert, wenn die Zerstörung der physikalischen Eigenschaften eingesetzt hat.

²⁰ Duprene: Dykstra, H. B., A. P. 1 811 078 (1931); Nieuwland, J. A., A. P. 1 811 959 (1931), 1 812 541 (1931), 1 813 542 (1931)

²¹ Thiokol: Patrick, J. C., A. P. 1 854 423 (1932); Mnookin, N. M., A. P. 1 854 480 (1932)

²² Automot. Ind. 66 H. 25 S. 880

Es ist völlig unnötig, die Zeitdauer einer beschleunigten Alterungsprüfung mit der wirklichen Lebensdauer in Einklang zu bringen. Wenn eine Mischung bei der beschleunigten Alterung eine relative Überlegenheit über eine andere Mischung aufweist, so ist das ein genügendes Kriterium, auf das man bauen kann. Zwei Prüfverfahren sind gewöhnlich in Gebrauch. G e e r²³ erfand die Prüfung, die seinen Namen trägt, und die sich als von unschätzbarem Wert erwiesen hat, zur Bestimmung der Lebensdauer von Kautschukwaren. Das Verfahren besteht darin, daß eine Probe in einem Strom warmer Luft von 70° C gebracht wird. Die Proben werden in Abständen von zwei Tagen entnommen, und die Verminderung der Bruchfestigkeit und der Dehnung bestimmt.

B i e r e r und D a v i s²⁴ ersannen die Prüfung, die als Prüfung in der Sauerstoffbombe bekannt ist. In den meisten Fällen wird dieses Verfahren so ausgeführt, daß man Muster in einer Bombe aufhängt, die auf 70° C gehalten wird und in der ein Sauerstoffdruck von 300 Pfund per Quadratzoll aufrecht erhalten wird.

Diese Prüfverfahren messen etwas verschiedene Eigenschaften und ergänzen einander recht gut. Beide sind in den neuesten Vorschriften der Käufer für isolierten Draht enthalten. Das durch den Versuch erhaltene Resultat gibt einen verlässlichen Anhalt für die Widerstandsfähigkeit der Gummimischung gegen natürliche Alterung. Für die Typen der oben besprochenen Mischungen ist in den Kurvenbildern der physikalischen Eigenschaften eine charakteristische Alterungskurve sowohl für die Sauerstoffbombe wie für das Geerverfahren gegeben. Es ist interessant zu sehen, daß die Kurven für Mischungen mit organischen Füllstoffen für beide Verfahren fast dieselben sind. Ein Tag in der Sauerstoffbombe ist gleich 4 Tagen im Geerofen.

Feuchtigkeitsaufnahme

Es ist ganz sicher festgestellt, daß die Widerstandsfähigkeit gegen Wasser um so größer ist, je reiner der Kautschukkohlenwasserstoff ist.^{25 26} Die Nichtkautschukbestandteile von Rohkautschuk wie Eiweiß, vermindern die Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit. Gut oder etwas übervulkanisierter Kautschuk zeigt die besten wasserabstoßenden Eigenschaften. Durch Reinigen von Kautschuk kann man den Betrag der Absorption auf ein Fünftel der von ungereinigtem Kautschuk heruntersetzen. Eine Steigerung der Temperatur um 10° vergrößert den Anteil der Absorption auf das 1,3fache.

In den Kurvenbildern sind für die besprochenen Mischungen typische Absorptionskurven gegeben. Die beschleunigte Prüfung bei 70° C gibt eine genügende Angabe für die Feuchtigkeitsabsorption bei niederen Temperaturen, mit Ausnahme einiger Mischungen mit großen Mengen organischer Zusätze, die bei dieser Temperatur schon plastisch werden. Da diese keine besondere Temperatur ist, die man nicht im praktischen

²³ I. R. W. 40 (1916) S. 127

²⁴ Ind. Engng. Chem. 16 (1924) S. 711

²⁵ Ind. Engng. Chem. 18 (1926) S. 224

²⁶ J. physic. Chem. 31 (1927) S. 23

Betrieb finden könnte, so hat man hier ein weiteres Mittel, um Mischungen für besondere Anforderungen auszuwählen. In der Kurve für Unterseekabelmischungen kann man die Neigung der Kurve noch weiter verkleinern, wenn man hochgereinigten Kautschuk verwendet.

Das Studium der elektrischen Eigenschaften der Gummiisolation liefert einen nützlichen Anfang für die Untersuchung der Struktur und Natur des Kautschuks; einige Beiträge dazu sind schon von Forschern, die über

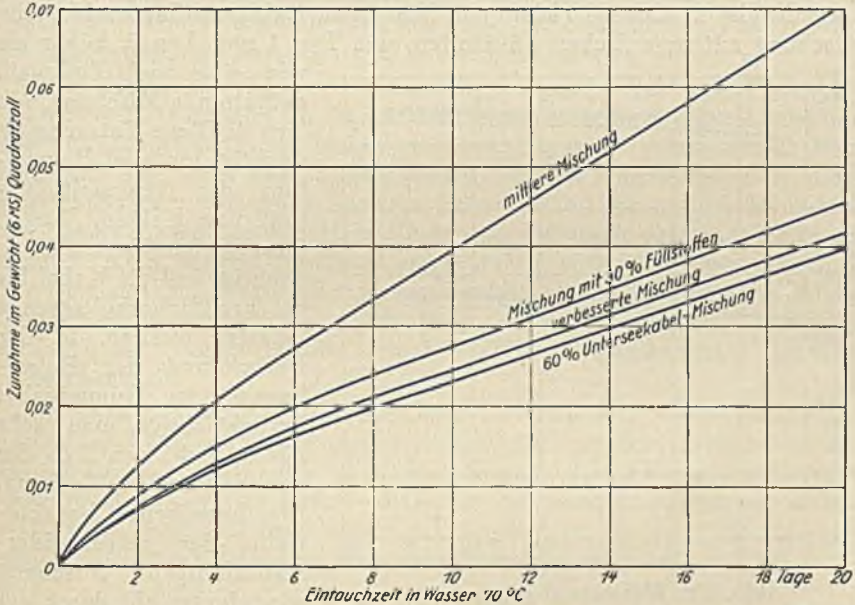


Abb. 937. Feuchtigkeitsaufnahme von Gummimischungen in destilliertem Wasser

elektrische Isolation gearbeitet haben, geliefert worden. Die Tatsache, daß die Dielektrizitätskonstante und der Leistungsfaktor des Kautschuks zu einem Maximum ansteigen, und dann mit steigendem Schwefelgehalt wieder fallen, haben bereits zu aufschlußreichen Spekulationen über die Feinstruktur geführt.

Die Studien über die Vulkanisation des Kautschuks haben eine beträchtliche Förderung erfahren durch Untersuchungen über die elektrischen Änderungen der Reaktionsprodukte; man hat bereits eine sehr zweckmäßige Theorie darüber aufgestellt.²⁷ G e m a n t²⁸ hat gefunden, daß die dielektrischen Verluste und die Durchschlagsfestigkeit von vulkanisiertem Kautschuk durch Dehnung um 40% wachsen können. Kautschukmischungen, wie sie in Kabeln gebraucht werden, erleiden häufig Dehnungen; trotzdem war bisher nichts bekannt über die Wirkungen dieser Dehnungen auf Kautschuk als Isolator.

Die elektrischen Eigenschaften der Kautschukisolationen stellen noch ein ergiebiges Feld für den Forscher dar. Man muß aber der Isolation

²⁷ Boggs und Blake, Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 737

²⁸ Z. Physik 73 (1931) S. 526

vom Standpunkt des Materials als Isolator entgegenkommen, und nicht irgendwelche physikalischen Eigenschaften als Grundlage wählen. Diese können unwichtig sein und irreleiten, wenn man sie als Kriterium für die Isolation gebraucht (Abb. 957).

Widerstandsfähigkeit gegen Wärme

Wie man erwarten kann, ist die Widerstandsfähigkeit gegen Wärme, ausgedrückt in Celsiusgraden per Watt per Kubikzentimeter für eine Mischung mit organischen Füllstoffen, wie Typ 1 und Typ 2, höher als

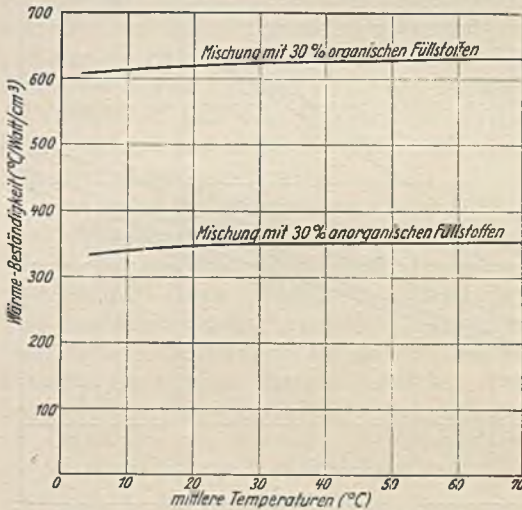


Abb. 938. Wärmebeständigkeit von Gummimischungen

wie eine viel Zinkweiß enthaltende Mischung, wie Typ 4. Diese Tatsache ist wichtig für die Beurteilung der Stromleitfähigkeit von Kabeln. Wegen ihrer großen Kosten ist es wichtig, daß die Kabel bis an ihre Sicherheitsgrenze belastet werden. In der Berechnung der Belastbarkeit der Gummikabel berücksichtigt man sehr häufig nicht den Typ der verwendeten Mischung. Die thermische Charakteristik der wärmebeständigen Mischung wird dargestellt durch die Kurve einer Mischung mit 30% mineralischen Füllstoffen. Man kann denselben Strom durch ein Kabel schicken, das einen 20 Prozent kleineren Durchmesser hat bei Verwendung von wärmebeständigem Kautschuk (Abb. 938).

Wir haben hier in Kürze einige der wichtigsten Betrachtungen in der Herstellung gummiisolierter Kabel angestellt. Vielleicht war es möglich, eine Übersicht der wichtigen Anregungen, die die Gummitechnik der Elektrotechnik gegeben hat, hier zusammenzustellen. Vielleicht gewinnt man auch einen Ausblick auf die großen Möglichkeiten künftiger Fortschritte.

Die thermische Charakteristik der wärmebeständigen Mischung wird dargestellt durch die Kurve einer Mischung mit 30% mineralischen Füllstoffen. Man kann denselben Strom durch ein Kabel schicken, das einen 20 Prozent kleineren Durchmesser hat bei Verwendung von wärmebeständigem Kautschuk (Abb. 938).

HARTGUMMI

VON DR.-ING. H. KASSNER, WIMPASSING/SCHW. (N.-Ö.)

Allgemeines

Hartgummi wurde erstmalig im Jahre 1839 von Charles Goodyear hergestellt, dessen Versuche von seinem Bruder Nelson Goodyear fortgesetzt und zur praktischen Anwendung geführt wurden. Im Jahre 1850 erfolgte die Erteilung des ersten amerikanischen Patentes für die Erzeugung von Hartgummi an Nelson Goodyear.

Durch die Erfolge Charles Goodyear angeregt, hatte Thomas Hancock in London im Jahre 1840 gleichfalls die Heißvulkanisation des Kautschuks versucht, wobei es ihm später auch gelang, durch Verlängerung der Dauer der Schwefeleinwirkung ein hornartiges, dem Hartkautschuk entsprechendes Produkt zu erhalten. Die erste Anwendung des neuen Materiales zur Herstellung von Kämmen geht auf Nelson Goodyear zurück (1852). Wenige Jahre später begann Otto P. Meyer mit der Verwendung der Zinnfolie für die Kammfabrikation. Hartgummi wurde dann zur Anfertigung der verschiedensten Gebrauchsartikel herangezogen, für die damals Mangel an geeigneten Formmaterialien bestand.

Zu Ende des vorigen Jahrhunderts befaßten sich eine Anzahl angesehenen Fabriken in Europa und Amerika mit der Hartgummifabrikation. Die Entwicklung des Funkwesens nach dem Kriege brachte eine bedeutende Steigerung des Bedarfes an Hartgummierzeugnissen, denen erst in den letzten Jahren durch das Vordringen billigerer Ersatzmaterialien auf einigen Gebieten Konkurrenz erwachsen ist.

Rohmaterialien

Rohgummi. Für die Hartgummifabrikation sind bis vor wenigen Jahren hauptsächlich Wildkautschuksorten verwendet worden, deren höherer Harzgehalt in gewissem Grade als wünschenswert für die Fabrikation angesehen wurde. Bei diesen meist aus afrikanischen Gewinnungsgebieten stammenden Rohgummisorten ist mit erheblichen Arbeitskosten für das Reinigen und Waschen und mit einem beträchtlichen Waschverlust zu rechnen. Die Verbilligung des Plantagenkautschuks führte dazu, diesen in steigendem Maße zur Hartgummifabrikation heranzuziehen, so daß Wildkautschuk heute nur mehr in geringerem Umfange Verwendung findet. Von den Plantagenkautschuksorten kommen sowohl Crêpes als auch Sheets in Betracht. Obwohl in früheren Jahren die Ansichten über die Verwendung von Smoked sheets geteilte waren, müssen diese heute als für die Hartgummifabrikation durchaus geeignet bezeichnet werden. Für einzelne Zwecke ist bei der Festsetzung des Mischungsrezeptes Bedacht zu nehmen, für den manchmal erwünschten Harzgehalt der Wildkautschuksorten Ersatz zu schaffen.

Die Notwendigkeit, den angelieferten Plantagenkautschuk nochmals auf dem Waschwälzwerk zu reinigen, ist nur mehr bei wenigen Fabrika-

tionszweigen gegeben. Längeres Mastizieren des Rohgummis erleichtert jedenfalls die Aufnahme des Schwefels und der Füllmaterialien. Die Herstellung der Mischung erfolgt in den meisten Fällen auf dem normalen Mischwalzwerke, dessen Bedienung durch eine verstellbare Schürze erleichtert wird.

Schwefel. Alle Hartgummimischungen enthalten bedeutende Mengen Schwefel, dessen Anteil im Verhältnis zum Rohgummi in der Regel zwischen 30 und 50 v. H. schwankt. Bei den nur bis zur Lederhärte vulkanisierten Qualitäten liegt diese Ziffer niedriger. Für die Hartgummifabrikation kommen hauptsächlich die als ventilierte Schwefel (Velvet-schwefel) in den Handel gebrachten Sorten, die durch Blasen (Ventilieren) von feingemahlenem Stangenschwefel hergestellt werden, in Betracht. Dieser Schwefel zeichnet sich durch besondere Feinheit und niedriges spezifisches Gewicht aus. Eine weitergehende, besondere Behandlung erweist sich als unnötig, nur muß auf trockene Lagerung geachtet werden.

Regenerate. Die Verwendung von Regeneraten für Hartgummimischungen ist bei niedrigen Rohgummipreisen nur eine beschränkte und kommt für polierfähige Qualitäten und für die Anfertigung von Artikeln, die einer weitergehenden nachträglichen Bearbeitung unterzogen werden müssen, überhaupt nicht in Betracht. Die verwendeten Abfälle müssen jedenfalls metallfrei sein.

Füllmaterialien. Eines der wichtigsten Füllmaterialien ist feiner Hartgummistaub, welcher der Mischung in beträchtlicher Menge ohne bedeutende Verschlechterung der Qualität beigegeben werden kann. Bei billigen Mischungen ergeben sich Zusätze bis zu 60 v. H. Diesen Hartgummistaub stellen sich die Fabriken meist selbst her, und zwar dienen die sich aus der Fabrikation ergebenden Abfälle, Dreh- und Frässpäne, Stanzabschnitte und dergl., soweit diese nicht größere Mengen mineralischer Füllstoffe enthalten, als Ausgangsmaterial. Abfälle mit hohem Aschengehalt werden heute kaum mehr aufgearbeitet, weil die Vermahlungskosten im Verhältnis zu den sonstigen Rohmaterialpreisen zu hoch liegen.

Die von den Werkstätten gelieferten Hartgummiabfälle werden vorerst sortiert und dann auf einem Brechwerk zu grobem Schrot verarbeitet, der auf Mahlwälzwerken zu ganz feinem Staub zerrieben wird. Bei diesen Arbeitsgängen sowie überhaupt bei der Verarbeitung und Lagerung des Hartgummistaubes ist Vorsicht anzuwenden, weil das fein verteilte Material sehr zur Oxydation und Selbstentzündung neigt. Der gemahlene Hartgummistaub wird einer genauen Sichtung unterzogen, die häufig mittels Plansichtern und Windmaschinen vorgenommen wird. Beigemengte Eisenteilchen werden entfernt, indem man den Staub über eine magnetisierte Eisenwalze leitet. Die sorgfältigste Trennung geschieht jedoch durch das Blasen des Staubes, wobei der Staub durch einen Luftstrom in horizontaler Richtung über mehrere Kammern geführt wird und sich die Teilchen je nach der Feinheit in den einzelnen Kammern ablagern. Die am weitesten entfernte Kammer enthält den feinsten Staub, der zur Herstellung der besten Qualitäten Verwendung findet.

Sonstige wichtige Zusatzmaterialien sind fette Öle und Mineralöle, Naturasphalt, mitunter etwas Faktis, ferner mineralische Füllstoffe. Faktis wird in einer speziell für diesen Zweck mit einem Gehalt von 25 bis 30% Schwefel hergestellten Sorte verwendet. Der Zusatz von mineralischen Füllstoffen macht die Qualitäten härter und bewirkt in der Regel eine bedeutende Erhöhung der Wärmebeständigkeit. Während ungefüllte oder mit Hartgummistaub hergestellte Qualitäten im allgemeinen ihre Stabilität bei 65 bis 70° C verlieren, gelingt es durch Zusatz verschiedener mineralischer Füllstoffe, eine Beständigkeit bis und über 100° C zu erreichen, wie diese hauptsächlich von der Hartgummi verwendenden chemischen Industrie verlangt wird. (Auch die verwendete Rohgummisorte ist von Einfluß auf die Wärmebeständigkeit.) Unter den mineralischen Füllstoffen kommen Tonerde, Talkum, Quarzmehl, feingemahlener Asbest und andere in Betracht, hingegen wird Bleiglätte nicht verwendet.

Von den Zusätzen bezwecken Naturasphalt (Mineralrubber), Ozokerit, Paraffin den Schutz der Kautschuksubstanz gegen die Einwirkung chemischer Agenzien, Zusätze von Guttapercha werden gegeben, um eine erhöhte Beständigkeit gegen Fluorwasserstoffsäure zu erreichen. Ganz geringe Zugaben von Bienenwachs erleichtern die Bearbeitung des vulkanisierten Materiales. Fette Öle dienen hauptsächlich zur Erhöhung der Plastizität der Rohgummimischung, wobei allerdings die Wärmebeständigkeit des Endproduktes eine Herabsetzung erfährt. Bei genügender Erfahrung in der Hartgummifabrikation gelingt es mit einer relativ kleinen Zahl von Komponenten, geeignete Qualitäten für die verschiedensten Verwendungszwecke zu erhalten.

Vulkacite. Die Verwendung der organischen Vulkanisationsbeschleuniger hat für die Hartgummifabrikation ebenso Verbreitung gefunden, wie in der Weichgummierzeugung. Nachdem die Schwefelaufnahme hier jedoch eine viel stärkere und weitgehendere ist, läßt sich naturgemäß nicht die gleiche Abkürzung der Vulkanisationszeit erreichen, wie bei Weichgummiqualitäten. Aus dem gleichen Grunde können erfolgreich nur jene Beschleuniger Anwendung finden, deren Wirkung eine durch längere Zeit gleichmäßig anhaltende ist, d. h. deren Wirkungskurve einen nur langsam abfallenden Charakter zeigt. Bei der Bemessung des Beschleunigerzusatzes ist zu beachten, daß nach dem Einsetzen der Vulkanisation der Schwefelaufnahmeprozess selbst größere Wärmemengen frei macht und daher bei einer forcierten Vulkanisation starkwandiger Hartgummiteile im Inneren leicht Materialzersetzungen vorkommen können, die das Fabrikat porös machen, mitunter aber auch zu explosionsartigen Erscheinungen führen können. Von den Beschleunigern hat Diphenylguanidin große Verbreitung gefunden, dessen Beständigkeit bei den Temperaturen des Mischprozesses ein Anvulkanisieren bei der Verarbeitung ausschließt. Es werden außerdem von allen führenden Beschleunigerfabriken für die Hartgummifabrikation spezielle Beschleunigersorten erzeugt, mit denen sich, wie z. B. mit den Beschleunigern DM und CT der I. G. F a r b e n, Abkürzungen auf 30 bis 60% der normalen Heizdauer erzielen lassen.

Farbstoffe. Infolge des natürlichen dunklen Farbtones des Hartkautschuks können Farbwirkungen nur durch reichliche Zugabe stark deckender Farbstoffe erzielt werden. Die Farbstoffe müssen ferner bei der in Frage kommenden Vulkanisationstemperatur und -dauer beständig sein und dürfen weiters die mechanischen Eigenschaften des Vulkanisates nicht zu sehr beeinträchtigen. In Frage kommen hauptsächlich Mineralfarben, von denen sich Zinnober als teurer aber ausgiebiger Farbstoff erwiesen hat. Goldschwefel ist beschränkt verwendbar, ferner verschiedene Sorten von Eisenoxyden, Cadmiumgelb, Chromoxydgrün, Ultramarin und andere. Organische Farbstoffe, von denen nur wenige die erforderliche Hitzebeständigkeit aufweisen, haben nur in gemeinsamer Verwendung mit einem den weißen Grundton gebenden Mineralfarbstoff (Lithopone, Titanoxyd) eine genügende Wirkung. Hier seien besonders die von der I. G. F a r b e n herausgebrachten Sudanfarbstoffe erwähnt.

Wie erklärlich, ist eine Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften des Vulkanisates, besonders der Bearbeitungsfähigkeit, durch starken Zusatz von mineralischen Farbstoffen unvermeidlich. Vielfach werden daher auch Farbwirkungen durch Verwendung geflammter oder marmorierter Farbtöne zu erreichen gesucht. In seinen Hauptanwendungsgebieten ist aber der ungefärbte, schwarze Hartgummi beherrschend geblieben.

Eigenschaften und Verwendung

Reiner Hartgummi ist ein hornartiges Material von schwarzer Farbe, dessen Flächen beim Polieren Hochglanz annehmen. Ungefüllte Qualitäten haben ein spezifisches Gewicht von etwa 1,13 bis 1,20, zeigen glänzende Bruchflächen und geben bei der Bearbeitung hellbraune Späne. Die Elastizität und Bearbeitungsfähigkeit des Materiales ist eine sehr gute und hat mit zu seiner ausgedehnten Verwendung beigetragen.

Normale Hartgummiqualitäten erweichen bei 65 bis 70° C, d. h. sie verlieren bei dieser Temperatur ihre Stabilität und können wie Weichgummi gebogen werden. Diese Eigenschaft wird häufig verwendet, um die bereits vulkanisierten Hartgummitteile in eine gewünschte Form zu bringen. Durch Zusatz geeigneter Füllmaterialien kann, wie bereits erwähnt, die Erweichungsgrenze bedeutend hinaufgesetzt werden. Die Wärmedehnung ist im Verhältnis zu anderen festen Stoffen eine große und beträgt linear etwa 0,008 innerhalb der Temperaturen von 1 bis 100° C. Beim Erhitzen über 200° C verkohlt Hartgummi, ohne zu schmelzen.

Hartgummi ist in allen Kautschuklösungsmitteln als unlöslich zu bezeichnen, erweicht jedoch bei Behandlung mit Benzol, Schwefelkohlenstoff und quillt auf. Das Material zeigt eine außerordentliche Beständigkeit gegen Wasser, Öl, Säuren, Laugen, ätzende Dämpfe und Gase. Hartgummi hat daher zur Anfertigung von Rohrleitungen, Behältern und Armaturen für die chemische Industrie, für die Auskleidung von Eisenrohren, Ventilen, Pumpen, Transportfässern, Tankwagen und Zentrifugen, für Spinntöpfe, Bleichstäbe und Apparaturen der Kunstseidenindustrie große Verbreitung gefunden. Hartgummi dient ferner zur Um-

kleidung von Rührwerken, Filterrahmen, Schiffswellen, zur Anfertigung von Senfpumpen und vieler ähnlicher Artikel. Infolge seiner Säurebeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Stöße, zusammen mit dem elektrischen Isoliervermögen, verwendet man Hartgummi zur Herstellung von Akkumulatorenkasten und Zubehörteilen der elektrischen Speicheranlagen.

Beim Reiben wird Hartgummi stark elektrisch, seine Dielektrizitätskonstante beträgt etwa 3. Das elektrische Isolationsvermögen ist ein außerordentlich großes und übertrifft jenes anderer, guter Isoliermaterialien (Glas, Porzellan, Guttapercha) um ein Bedeutendes. Die Schwachstromindustrie macht daher von Hartgummi als Isoliermaterial in ausgedehntem Maße Gebrauch.

Außerdem dient Hartgummi zur Anfertigung der verschiedensten Gebrauchsartikel, Kämme, Messerhefte, Griffe, Füllfedern, Telephonmuscheln, Pfeifenspitzen, Kegelkugeln, ferner für zahlreiche chirurgische Bedarfsartikel, wie Spritzen, Kanülen, Zerstäuber und andere.

Prüfung

a) Mechanische und elektrische Prüfung. Die Bestimmung der Festigkeitseigenschaften des Hartkautschuks erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den übrigen festen Werkstoffen. Die häufige Verwendung als Isoliermaterial für die Elektrotechnik ergibt die Notwendigkeit, außerdem noch besondere Untersuchungen vorzunehmen, die in der Regel nach den für Isolierstoffe bestehenden Prüfvorschriften¹ durchgeführt werden. Hierbei ist in erster Linie das Verhalten des Materiales in der Wärme, seine Brennbarkeit bzw. Feuersicherheit sowie das elektrische Isolationsvermögen festzustellen.

Die Vornahme der Festigkeitsmessungen muß bei normaler Raumtemperatur erfolgen, da sich sonst Abweichungen in den Versuchsziffern ergeben. Für die Zerreißfestigkeit erhält man bei guten Qualitäten Werte von 6 bis 8 kg/mm², bei einer Bruchdehnung von etwa 1,5%. Die Bestimmung der Druckfestigkeit wird seltener vorgenommen, häufig hingegen ist die Vornahme des Biegeversuches. Hiefür werden Probestäbe mit folgenden Abmessungen verwendet:

Länge	.	120 mm
Breite	.	15 mm
Stärke	.	10 mm

Die Versuchsanordnung ist aus der Skizze zu ersehen (Abb. 939). Der Abstand der Auflager beträgt 100 mm. Die Belastung wird mit gleichförmiger Geschwindigkeit um 250 kg/cm² pro Minute bis zum Bruch gesteigert. Bei genauer Einhaltung der Versuchsanordnung ergibt sich die größte Spannung in kg/cm² gleich dem zehnfachen Wert der Kraft P. Die Biegefestigkeit beträgt bei guten Qualitäten etwa 1000 kg/cm², für stark gefüllte Mischungen etwa 600 bis 800 kg/cm². Für diese Festig-

¹ Prüfvorschriften für elektrische Isolierstoffe, Nr. 318, 318a, Verband deutscher Elektrotechniker, Berlin.

keitsmessungen kann die Kautschukprüfmaschine von L. Schopper verwendet werden, zu der die erforderlichen Ergänzungsstücke geliefert werden.

Zur Beurteilung der Festigkeitseigenschaften dient ferner die Bestimmung der Schlagbiegefestigkeit, die die Widerstandsfähigkeit des Materiales gegen stoßweise auftretende Beanspruchungen ergibt. Zu dieser Prüfung wird das Pendelschlagwerk verwendet, das zuerst von der Firma Louis Schopper, Leipzig, gebaut wurde (Abb. 941). Bei der

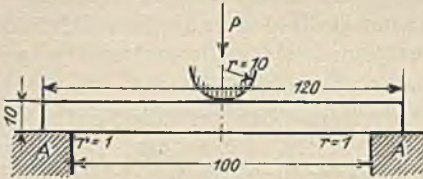


Abb. 939. Biegeprobe. Versuchsanordnung

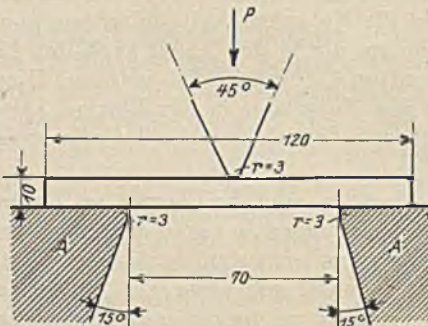


Abb. 940. Schlagbiegeprobe. Einspannung des Probestabes

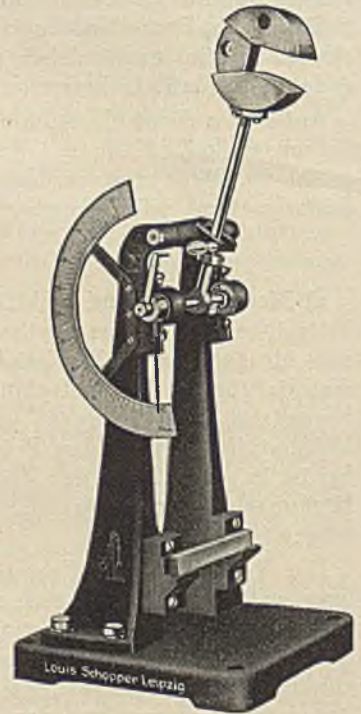


Abb. 941. Pendelschlagwerk (Louis Schopper, Leipzig)

Untersuchung wird der Probekörper am tiefsten Punkt in die Bahn eines frei schwingenden Pendels gespannt (Abb. 940). Durch die lebendige Energie des fallenden Pendelgewichtes wird die Probe durchgeschlagen, wobei das Pendel nach der entgegengesetzten Seite ausschwingt. Aus der Differenz der Anfangshöhe des Pendels und der nach dem Durchschlagen der Probe erreichten Höhe ist die von dem Probekörper aufgenommene Schlagarbeit zu errechnen. Eine zweite Bauart des Pendelschlagwerkes zeigt Abb. 942. Günstige Werte für die Schlagbiegefestigkeit liegen zwischen 20 und 25 cmkg/cm², stark gefüllte Hartgummiqualitäten zeigen noch 10 bis 12 cmkg/cm² Festigkeit.

Als Maßstab für die Härte des Materiales dient die Kugeldruckprobe, die mit einer Stahlkugel von 5 mm Durchmesser bei 50 kg Probedruck

vorgenommen wird. Die nach 10 und 60 Sekunden gemessene Eindrucktiefe ist entgegengesetzt proportional dem in kg/cm^2 anzugebenden Härtegrad des Materiales.

Die Untersuchung der Wärmebeständigkeit bezweckt die Prüfung mit dem Martensapparat und die Nadeleindruckprobe. Das Schema der Versuchsanordnung für die Martensprobe zeigt Abb. 943. Die in senkrechter Lage eingespannte Probe wird durch angehängte Gewichtshebel mit einer konstanten Biegespannung von 50 kg/cm^2 belastet und langsam erwärmt, wobei die Temperatursteigerung 50° C in der Stunde betragen soll. Als Grenze der Wärmebeständigkeit gilt jene Temperatur, bei der das Absinken der Hebelspitze auf 240 mm Länge, 6 mm beträgt, oder die Probe

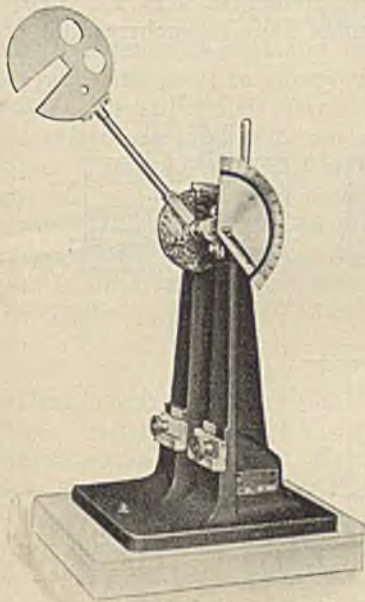


Abb. 942. Pendelschlagwerk (Gesellschaft für Feinmechanik m. b. H., Mannheim)

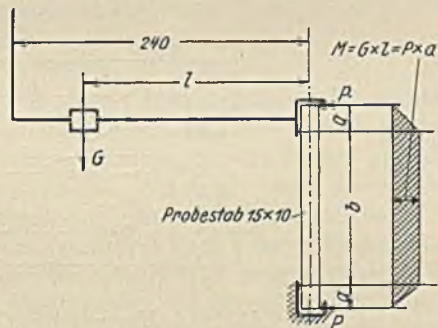


Abb. 943. Martensprobe. Versuchsschema und Belastungsdiagramm

abbricht. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß die Martensprobe eher zu niedrige Ziffern ergibt, d. h. bei der praktischen Verwendung entsprechen die Materialien auch noch bei wesentlich höheren Temperaturen.

Die Nadeleindruckprobe (Vicatprobe) verwendet eine Stahlnadel von 1 mm^2 Querschnittsfläche, die eine Belastung von 5 kg erhält. Die Temperatursteigerung erfolgt in gleicher Weise wie bei der Martensprobe. Die Temperatur, bei der die Nadel 1 mm tief in die Probe eingedrungen ist, gilt als sog. »Vicatgrad«.

Zur Prüfung der Feuersicherheit von elektrischen Isoliermaterialien wurde eine Versuchsanordnung getroffen, bei der das eine Ende des Probestabes der Flamme eines Bunsenbrenners ausgesetzt und nach Entfernen der Flamme die Zeitdauer, während der der Stab weiterbrennt, gemessen wird. In der letzten Zeit ist für diese Untersuchung die Probe mit dem Glühstabapparat nach Schramm eingeführt worden. Nachdem auch stark gefüllte Hartgummiqualitäten brennbar sind, kommen

diese beiden Prüfmethoden für die Untersuchung von Hartgummi weniger in Betracht.

Die Untersuchung des elektrischen Verhaltens erstreckt sich meist auf die Messung des Oberflächenwiderstandes. Hierzu werden zwei gerade, 10 cm lange Elektroden parallel in 1 cm Abstand auf die zu untersuchende Platte gesetzt (Abb. 944). Die Messung, deren Durchführung in den erwähnten Prüfvorschriften genau beschrieben ist, wird mit Gleichstrom von 1000 Volt Spannung vorgenommen. Das Versuchsergebnis er-

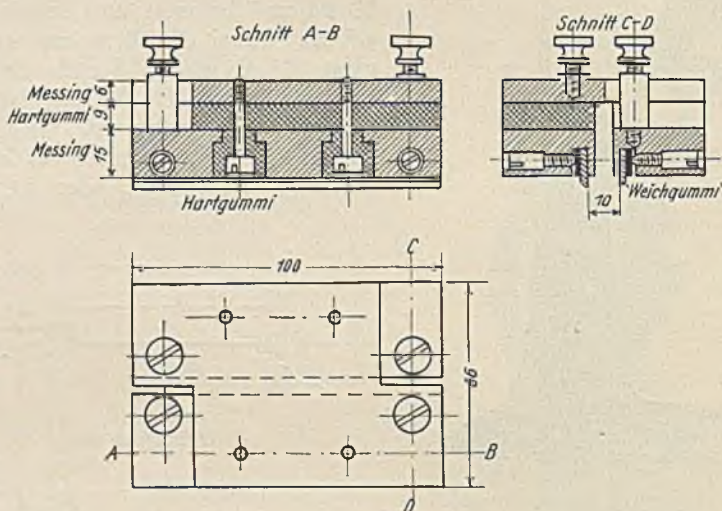


Abb. 944. Messung des Oberflächenwiderstandes.
Versuchsanordnung

gibt sich aus dem Galvanometerausgang, wobei die Materialien nach dem festgestellten Oberflächenwiderstand in Gruppen (Vergleichszahlen 0 bis 5) eingereiht werden. Hartgummi, dessen elektrischer Leitungswiderstand, wie erwähnt, ein außerordentlich großer ist, entspricht die Vergleichszahl 5, d. h. sein Oberflächenwiderstand beträgt über 1 Million Megohm.

b) **Chemische Untersuchung.** Die chemische Untersuchung des Hartgummis wird nach ähnlichen Methoden vorgenommen, wie diese zur Untersuchung des vulkanisierten Weichkautschuks angewendet werden. Die Beurteilung der Qualität aus den Prüfungsergebnissen ist nicht leicht, insbesondere kann der Anteil an frisch zugesetztem Rohgummi infolge des meist vorhandenen Zusatzes von Hartgummistaub häufig nur schätzungsweise ermittelt werden. Im Zusammenhange mit dem festgestellten Aschengehalt gestattet allerdings schon das spezifische Gewicht des Materiales gewisse Schlüsse auf den enthaltenen Rohgummianteil, insofern es sich um Qualitäten ohne mineralische Füllstoffe handelt, bei denen die Aschenbestandteile nur die natürlichen Beimengungen des Kautschuks

und der Zusatzmaterialien darstellen. Auf die Verwendung von Regeneraten kann häufig aus der Aschenanalyse geschlossen werden. Im übrigen umfassen die vor allem notwendigen Untersuchungen die Bestimmung des Gesamtschwefels und des Gehaltes an freiem Schwefel, ferner die Bestimmung des Zusatzes von Ölen, Harzen und Hartasphalten aus dem Aceton- und Chloroformextrakt.

Andere Wege gehen die praktischen Verwendungsprüfungen, die seitens vieler Abnehmer von Hartgummifabrikaten verlangt werden. So schreiben z. B. einzelne Akkumulatorenfabriken vor, daß das Material der bezogenen Akkumulatorenkasten einer Prüfung hinsichtlich der Säurebeständigkeit zu unterwerfen ist, wobei die Materialspäne von vorgeschriebener Feinheit durch 24 oder 48 Stunden mit Akkumulatorensäure bei normaler und bei erhöhter Temperatur behandelt werden. Dieser Versuch, der den Charakter einer forcierten Verwendungsprobe hat, darf nur eine gewisse Gewichtsabnahme des zerkleinerten Materiales ergeben. Ähnliche Prüfungsmethoden bestehen für verschiedene Verwendungszwecke. Um zweckmäßige Vergleichsziffern zu erhalten, wird der bei der Untersuchung festgestellte Materialangriff in der Regel für 1 cm² Oberfläche und auf die Zeiteinheit umgerechnet.

Hartgummiplatten

Das Ausgangsmaterial bildet die auf dem Dreiwalzenkalandar gezogene Mischungsplatte, die auf dem Dubliertisch zu der gewünschten Stärke zusammengesetzt wird. Die Vulkanisation erfolgt in der Regel zwischen Zinnfolie. Der Arbeitsvorgang ist folgender: Auf die vollkommen ebene Tischplatte wird zuerst eine Zinnfolie gelegt, auf die mit einer schweren Handwalze zwei oder mehrere Lagen der Mischungsplatte aufgewalzt werden, bis die gewünschte Stärke erreicht ist. Um eine gute Verbindung der einzelnen Platten und ein gutes Anhaften des Zinnbleches zu erzielen, werden die Mischungsplatten vorher leicht mit Terpentinöl eingestrichen. Auf die dublierte Platte kommt dann eine zweite Zinnfolie, die gleichfalls aufgewalzt wird.

Einzelne Fabriken, die großen Bedarf an Hartgummiplatten haben, ziehen das Material schon auf dem Kalandar mit 4 bis 5 mm Stärke und walzen beim Durchgang durch das zweite Walzenpaar gleich eine Zinnfolie auf. Der einseitig mit der Zinnaufgabe versehene Materialstreifen, auf den von Hand aus nunmehr eine zweite Zinnplatte gelegt wird, läuft in endlosem Stück durch einen Zweiwalzenkalandar, der die zweite Zinnfolie aufpreßt. Die kalandrierte Platte wird jetzt von Hand aus in einzelne Tafeln von etwa 1000 × 500 mm oder 1200 × 600 mm Größe geschnitten und vulkanisiert.

Die Vulkanisation wurde früher stets in einer auf einen Kesselwagen gestellten Wasserwanne vorgenommen, welcher Vorgang auch heute noch vielfach gehandhabt wird. Die Wasserwanne hat in diesem Fall nur die Funktion eines Temperaturreglers, der ein vorübergehendes Ansteigen der Vulkanisationstemperatur, den häufigen Anlaß von Blasenbildung an der Oberfläche der Platten, verhindern soll. Bei entsprechender Vorsorge für gleichmäßige Temperaturverteilung können auch ohne

Wasserwanne einwandfreie Resultate erzielt werden. Die Platten werden in einem solchen Fall in Lagen von 10 bis 15 mm Stärke auf die Etagen eines Vulkanisiergestelles gelegt und im Dampf vulkanisiert.

An die Bearbeitungs- und Polierfähigkeit des Plattenmaterials werden meist hohe Anforderungen gestellt und kommt daher als Füllmaterial fast nur Hartgummistaub in Betracht. Die Heizdauer guter Qualitäten ohne Beschleuniger beträgt 6 bis 8 Stunden bei $3\frac{1}{2}$ Atü Dampfspannung. Durch Verwendung von organischen Beschleunigern ist es möglich, die Vulkanisationszeit bis auf etwa die Hälfte hiervon herabzudrücken. Bei richtiger Ausnutzung des Dampftraumes kann in einem Vulkanisierkessel, dessen Abmessungen meist etwa 1200 mm im Durchmesser und ebensoviel in der Länge betragen, ein beträchtliches Plattengewicht untergebracht werden und ist es in diesem Falle rätlich, die durch die Abkürzung der Heizung erzielbare Dampfersparnis und den sich ergebenden Mehrpreis für den Beschleunigerzusatz der Mischung mit dem Rechenstift genau nachzukontrollieren.

Die von der Radio-Industrie verwendeten Hartgummiplatten werden vielfach mit einer farbig marmorierten Auflageplatte versehen, die auf dem Dubliertisch in einer Stärke von 0,5 bis 1 mm auf die Unterplatte aufgewalzt wird. Zeitweise erfreuten sich auch die mit verschiedenen Moirédessins versehenen Platten großer Beliebtheit. Die Herstellung des Dessins erfolgt, indem die in der vorgeschilderten Weise angefertigten und vulkanisierten Platten in der hydraulischen Presse durch 5 bis 10 Minuten einer Nachheizung unter einer gravierten Stahlplatte unterzogen werden.

Ganz billige Platten aus Regeneratqualitäten, die für einige technische Verwendungszwecke erzeugt werden, heizt man im Rahmen in der hydraulischen Presse zwischen Hochglanzblechen gleich fertig.

Für das Polieren der Hartgummiplatten stehen Poliermaschinen in Verwendung, bei denen die auf einem beweglichen Tisch aufgespannte Platte unter der aus Baumwollstoff zusammengesetzten Polierscheibe, die gleichzeitig eine hin- und hergehende Bewegung in axialer Richtung erhält, durchgezogen wird.

Der Verbrauch von Hartgummiplatten hatte im letzten Jahrzehnt mit dem Aufschwung der Radio-Industrie großen Umfang angenommen. Ein Rückgang ist erst eingetreten, seit die durch Imprägnierung mit Kunstharzen hergestellten Hartpapiere auf dem Markt erschienen sind. Obwohl letztere gewisse Vorteile durch den billigeren Preis und die bessere Haltbarkeit der Oberflächenpolitur bieten, reichen dieselben doch hinsichtlich des elektrischen Isolationsvermögens bei weitem nicht an Hartgummi heran.

Stäbe und Rohre

Hartgummistäbe und -rohre werden heute in erster Linie als Rohmaterial für die Erzeugung von Füllfedern sowie zur Anfertigung verschiedener Isolierteile verwendet. Die Herstellung erfolgt, ähnlich wie in der Weichgummifabrikation, auf der Schlauchmaschine, der das vorgewärmte Material fortlaufend in Streifenform zugeführt wird. Die

Schlauchmaschinen (Abb. 945) sind zweckmäßig mit einer Speisewalze versehen, die die Mischungstreifen erfaßt und in die Gänge der Schnecke drückt. Der durch das Mundstück austretende Stab wird von einem Transportband übernommen und wird auf diesem in Stücke von etwa Meterlänge geschnitten. Der in der Weichgummifabrikation übliche Vorgang, das gezogene Material zur Vulkanisation in Spiralförmigkeit in Pfannen zu legen, ist hier naturgemäß nicht anwendbar.

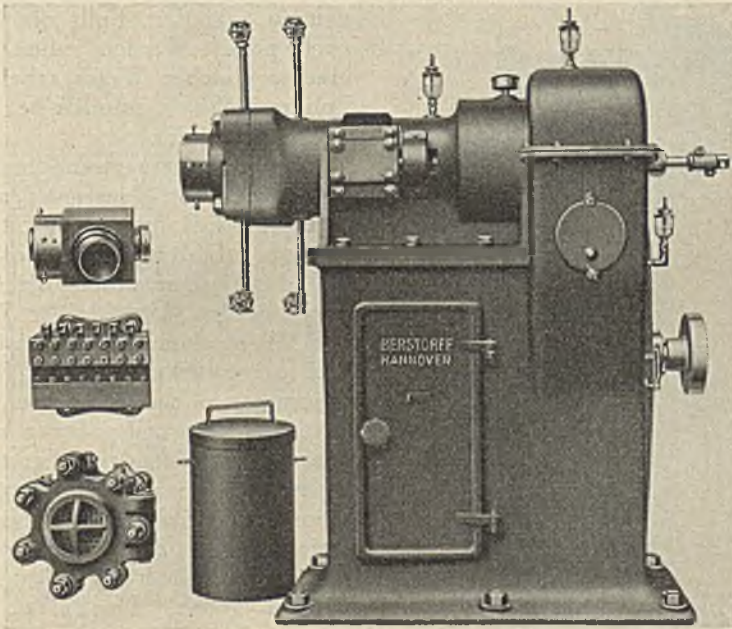


Abb. 945. Schlauchmaschine mit Speisewalze
(Hermann Berstorff, Hannover)

Die mit Talkum eingepuderten Stäbe werden nunmehr auf Blechtassen gelegt und in den Vulkanisierkessel geschoben. Die gezogenen Rohre werden auf genau kalibrierte Dorne gesteckt und dann in gleicher Weise behandelt. Die Heizung wird häufig in direktem Dampf vorgenommen, wobei jedoch Vorsichtsmaßnahmen zu treffen sind, um eine unerwünschte Verfärbung der Ware durch das sich bildende Kondensat hintanzuhalten. Diese mitunter lästige Erscheinung ganz auszuschalten, wird vielfach zur Vulkanisation ein Mantelkessel verwendet, dessen Innenraum als Medium überhitzten Dampf oder eine Füllung von Kohlenoxyd, Stickstoff und anderen inaktiven Gasen erhält, die unter einem Druck von 3 bis 4 Atü stehen. Bei der Entscheidung, welche von beiden Arbeitsweisen zu wählen ist, ist der Verwendungszweck des herzustellenden Stabmaterials sowie die Frage der Betriebskosten maßgebend.

Die aus der Vulkanisation kommenden Stäbe und Rohre werden von den Blechtassen abgenommen, die Rohre dann mittels einer Vorrichtung

von den Dornen abgezogen. Die Stäbe und Rohre werden hierauf an einer Schleifscheibe auf die genaue Länge abgestoßen und entweder in roher Ausführung geliefert oder vorher noch am Umfang überschleift und eventuell poliert. Hierzu dienen spitzenlose Schleifmaschinen, bei denen das Material mittels einer Korkscheibe rotierend gegen die Schleifscheibe gepreßt und gleichzeitig vorwärts bewegt wird (Abb. 946). Auf einer derartigen Schleifscheibe ist es möglich, die Dimensionen der

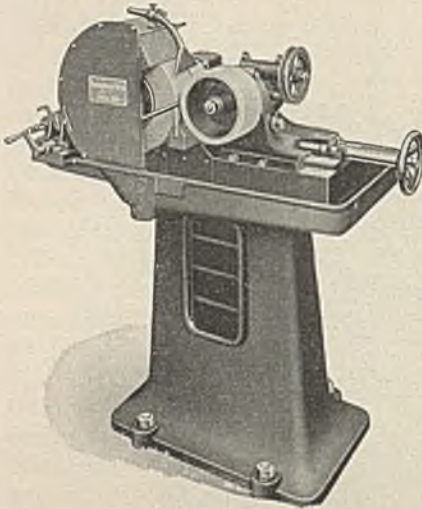


Abb. 946. Rundschleifmaschine
(Herminghausen G. m. b. H.,
Hannover-Wülfel)

Stäbe und Rohre auf 0,03 mm genau zu schleifen. Falls die Stäbe auch poliert werden sollen, wird eine in gleicher Weise arbeitende Poliermaschine unmittelbar daneben angeordnet.

Bezüglich der verwendeten Qualitäten muß von Haus aus geachtet werden, die Rohmischung ziemlich stramm zu halten, damit die Stäbe bei der Vulkanisation nicht un rund werden. Ein kleiner Zusatz von Magnesiumoxyd erweist sich hier als zweckmäßig. Das fertige Stabmaterial soll sich vor allem gut bearbeiten und polieren lassen. Die verarbeitenden Industrien stellen in dieser Richtung bestimmte Anforderungen, das Material muß geschmeidig zu drehen sein, lange Späne und glatte Drehflächen geben, die Politur muß tiefschwarzen Hochglanz zeigen. Diesen Bedingungen entsprechen in erster Linie Qualitäten mit hohem Rohgummigehalt fast ohne Füllstoffe. Die Verwendung von organischen Vulkanisationsbeschleunigern kommt für diesen Fabrikationszweig weniger in Betracht, weil besonders die stärkeren Stabdimensionen eine ungemein vorsichtige Heizung erfordern.

Akkumulatorenkasten

Die Entwicklung des Automobilwesens im letzten Jahrzehnt und der steigende Bedarf an Starterbatterien haben den Ausbau dieses Fabrikationszweiges maßgebend beeinflusst. An Stelle der früher verwendeten Einzelzellen wird heute meistens der mehrteilige Blockkasten verlangt.

Die Herstellung der Einzelzellen erfolgt in der Regel auf Blechformen. Diese erhalten vorerst einen Einstrich von Seifenlösung, worauf die Bodenstege, in Streifenform auf der Schlauchmaschine gespritzt, in die Nuten der Form eingelegt werden. Es wird dann die Boden- und Mantelplatte von Hand aus aufgelegt und angedrückt. Die Heizung erfolgt durch 50 bis 80 Minuten frei in Dampf von $3\frac{1}{2}$ bis 4 Atü. Mit Hilfe einer Vorrichtung wird der noch warme Kasten von der Form abgezogen. Nun folgt die Dichtheitsprüfung, die mittels eines Funkeninduktors bei

20 000 Volt Spannung vorgenommen wird. Bei dieser Prüfung zeigen sich kleine Undichtheiten, Einrisse und dergleichen sofort. Zweckmäßig ist es, eine Prüfung mit geringerer Spannung schon vor der Vulkanisation vorzunehmen, weil dann noch die Möglichkeit besteht, die Fehlstellen durch Aufbringung von neuem Material auszubessern. Nach der Prüfung werden die Kästen auf die genaue Höhe abgeschnitten, gewaschen und mit einem Abschlußdeckel und Füllschraube versehen.

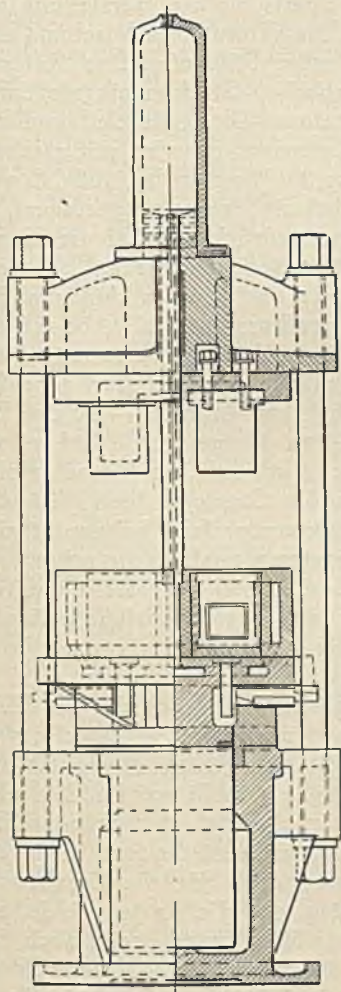


Abb. 947. Hydraulische Presse zur Herstellung von Batteriekästen (D. R. P. 536 982/31)

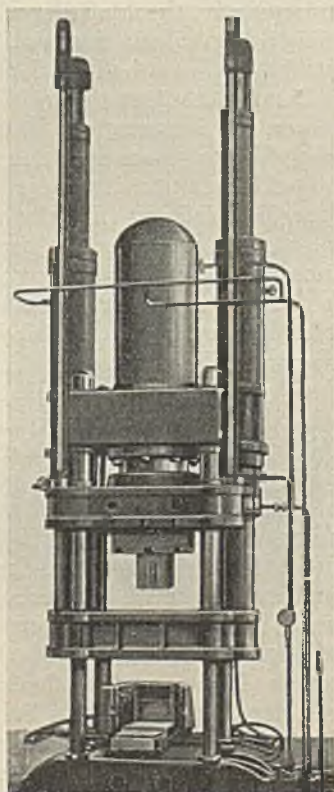


Abb. 948. Akkumulatorenkastenpresse (Becker & van Hüllen A.-G., Krefeld)

Während die Einzelzellen zur Verwendung erst in einem Holzkasten zusammengebaut werden müssen, stellt der Blockkasten (Container) einen kompletten Batteriebehälter dar. Die Herstellung der Blockkasten erfolgt nach einem zuerst in Amerika ausgebildeten Verfahren (D.R.P. 536 982/1931, John Fuller Allen, Erie, Pennsylvanien, V. St. A.) in einer hydraulischen Spezialpresse mit doppelt wirkendem Druckkolben

(Abb. 947). Im Unterteil der Presse ist der negative Formteil eingebaut, während der Oberteil die Formkerne trägt. Der Formenunterteil wird von einem Heizring umschlossen, der gestattet, durch Dampfzufuhr oder auf elektrischem Wege die Vulkanisationstemperatur in der Form konstant zu halten. Abb. 948 zeigt eine gleichfalls für die Herstellung der Blockkasten gebaute hydraulische Presse. Die verwendete Mischung enthält einen beträchtlichen Anteil mineralischer Füllstoffe. Das Material wird in vorgewärmtem Zustand in prismatischen Stücken eingelegt und beim Schließen der Presse durch die Kerndorne hochgedrückt, wodurch alle Zwischenräume der Form ausgefüllt werden. Es wird mit starkem Beschleunigerzusatz gearbeitet und 20 bis 30 Minuten bei 160°C vulkanisiert. Nach Abschluß der Heizung wird die Presse umgesteuert, so daß der Gegenkolben den Preßtisch herunterdrückt, wobei die Kerne aus der in der Form befindlichen Pressung ausgezogen werden. Bei richtiger Zusammensetzung der Mischung tritt ein leichtes Ablösen der Kerne von der Pressung ein. Hierauf wird der Formunterteil geöffnet, die Pressung herausgenommen, dann neues Einstrichmittel aufgetragen, die Form geschlossen und wieder mit Rohmaterial gefüllt. Der gepreßte Blockkasten wird nur entgratet und auf Dichtheit geprüft. — Zu den Beleuchtungsbatterien der Motorräder gehören kleine, mit Hauben abgeschlossene Blockkasten, deren Herstellung in ähnlicher Weise erfolgt.

Die Verwendung der Blockkasten für die Starterbatterien ist von Amerika ausgegangen. Bei niedrigen Rohgummipreisen behauptet sich der Hartgummikasten erfolgreich gegen Ersatzmaterialien, die unter Verwendung von gehärteten Asphalten als Bindemittel hergestellt werden. Für den Hartgummikasten spricht die bessere Isolationsfähigkeit und die größere Elastizität des Materiales, die gestattet, geringere Wandstärken zu verwenden.

Einen bedeutenden Zweig der Kastenfabrikation bilden die für Elektrokarren, Zugsbeleuchtung, U-Boatantriebe und ähnliche Zwecke verwendeten Batteriezellen, an deren Qualität hinsichtlich Festigkeit und Wärmebeständigkeit besondere Anforderungen gestellt werden. Einzelne Fabriken fertigen diese Kasten, die oft beträchtliche Abmessungen aufweisen, freihändig mittels Blechformen an, während andere hiezu geschlossene Innen- und Außenformen verwenden. Für die Zusammensetzung der Mischung ist zu berücksichtigen, daß die Kastenwände, abgesehen von der Belastung durch die eingefüllte Säure, meist auch das Gewicht der Bleiplatten zu tragen haben, die mittels angegossener Nasen an den bei zwei gegenüberliegenden Seitenwänden angebrachten Tragkanten hängen. Im Betrieb der Batterien ist in den Zellen mit Temperaturen bis zu 70°C zu rechnen, und sehen daher die Übernahmebedingungen der Akkumulatorenfabriken spezielle Erprobungen hinsichtlich der Wärmebeständigkeit vor, bei denen sich die mit heißer Säure gefüllten Kasten innerhalb 24 Stunden nur um ein ganz geringes Maß ausbauchen dürfen. Die Lebensdauer guter Kasten beträgt viele Jahre.

Zu den Batterien werden noch verschiedene Zubehörteile aus Hartgummi gebraucht, die, wie die Abschlußdeckel, Füllschrauben, Unterlagsprismen, Distanzstäbe, meist in Preßformen hergestellt werden. Bei

diesen Teilen wird nur der Preßgrat entfernt und ist sonst keine weitere Bearbeitung erforderlich. Zu den Zubehöerteilen gehören ferner die Hartgummi-Separatoren.

Hartgummi-Separatoren

Bei den transportablen Akkumulatorenbatterien wird die Lage der einzelnen Bleiplatten gegeneinander durch isolierende Zwischenlagen gesichert, die gleichzeitig verhindern, daß die von den Platten sich ablösenden Masseilchen eine leitende Verbindung mit der Nachbarplatte herstellen können. Man verwendet zu diesem Zweck entweder perforierte Hartgummi-Separatoren, die mit aufgedrückten Rippen versehen sind, oder dünne, gewellte und perforierte Hartgummiplatten.

Die Hartgummi-Rippenseparatoren werden heute nur mehr mittels Profilwalzen auf einem kleinen Vierwalzenkalandrier hergestellt, die die mit Versteifungsrippen versehenen Plattenstreifen endlos ziehen. Diese Streifen werden dann auf etwa meterlange Stücke geschnitten und in einem mit Heizschlangen versehenen Kessel vulkanisiert. Bei geeigneter Wahl der Qualität erhält man vom Kalandrier weg eine saubere, glatte Platte, die nach der Vulkanisation einen Separator von genügender Elastizität ergibt. Die vulkanisierten Plattenstreifen werden auf einer Perforiermaschine (Abb. 949) mit der Lochung versehen und dann in Stücke von der erforderlichen Höhe geschnitten.

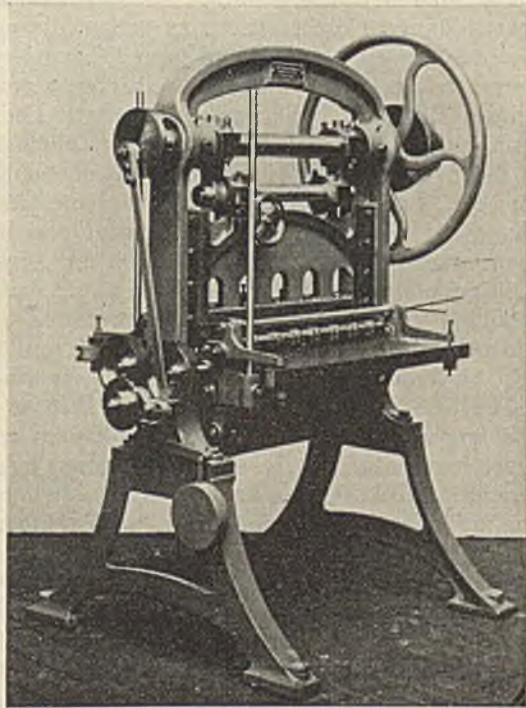


Abb. 949. Perforiermaschine
(C. W. Heckmann jr., Barmen)

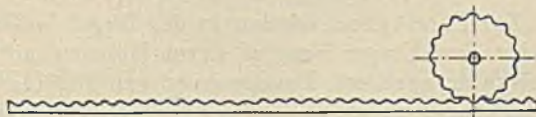


Abb. 950. Gewellte Platte und Walze für die
Separatorenfabrikation

Für die Fabrikation der Wellenseparatoren werden 0,5 mm starke kalandrierte Platten zwischen Zinnblech gelegt und dann über einer mit

Rippen versehenen Eisenplatte (Abb. 950) mit einer Walze gewellt. Das Perforieren wird entweder unmittelbar nach dem Kalandrieren oder auch erst nach der Vulkanisation vorgenommen und werden die Platten schließlich auf die gewünschten Maße zugeschnitten.

Die Perforierung dieser Hartgummi-Separatoren gibt der Säure genügenden Durchgangsquerschnitt. Die Lochung kann jedoch nicht so fein hergestellt werden, um den Durchtritt kleiner Masseteilchen zu verhindern. Man ist daher genötigt, den Separatoren eine seitliche Beilage von ganz dünnen Holzbrettchen zu geben, die an die negative Platte gelegt werden. Es sind nun Wege gesucht worden, Hartgummi-Zwischenlagen herzustellen, deren Material selbst eine genügende Porosität ergibt. In dieser Richtung haben zwei Verfahren Bedeutung erlangt, die sich im Aufbau grundsätzlich voneinander unterscheiden.

Nach dem einen Verfahren (D. R. P. 423 079/1925, Dr. M. Wildermann, London) werden feinerriebene Gummiabfälle in gleichmäßiger Lage auf eine Unterlage aufgestreut und in der Presse so zusammengepreßt, daß eine dünne Platte von der gewünschten Porosität entsteht. Die erzielten Diaphragmen zeigen naturgemäß die Struktur der zur Herstellung verwendeten Gummiteilchen und ergeben je nach Bedarf eine Porosität, die einem freien Querschnitt von 20 bis 60% entspricht.

Abweichend hiervon geht das zweite Herstellungsverfahren (D. R. P. 414 975/1925, 425 770/1926, 437 172/1926 u. f., Dr. H. Beckmann, Zehlendorf) vom Latex aus, der, mit dem erforderlichen Schwefelzusatz versehen, unter Zugabe von Metallsalzen in eine gallertartige Masse verwandelt wird. Die Vulkanisation erfolgt derart, daß das in der Gallerte befindliche Wasser nicht verdampfen kann, so daß durch die feinste Verteilung desselben die Porosität des Endproduktes bewirkt wird. Zu diesem Zweck wird die Heizung in heißem Wasser bei 6 Atü Druck vorgenommen. Das erhaltene Produkt ist als mikroporös zu bezeichnen und erscheint für die Herstellung von Filterplatten sowie von Separatoren für Akkumulatorenzwecke sehr geeignet. Die Kosten beider Verfahren scheinen jedoch noch ziemlich hoch zu liegen, so daß vorläufig noch die Verwendung der perforierten Hartgummi-Separatoren überwiegt.

Preßartikel

Zur Fabrikation werden in der Regel hydraulische Pressen mit einer oder zwei Etagen benutzt, deren Heizung mit Dampf von 6 bis 6½ Atü, mitunter auch mit Druckwasser von 160 bis 170° C erfolgt. Die Zweietagenpressen ergeben günstigere Ziffern hinsichtlich des Wärme- und Kraftverbrauches, wobei zur vollen Ausnutzung die Aufstellung derart vorgenommen wird, daß beide Etagen von verschiedenen Seiten der Presse gleichzeitig beschickt werden können. Die Formen, die mit einer möglichst großen Anzahl Einsätzen versehen sind, werden aus Stahlplatten ausgearbeitet oder geprägt (Abb. 951 und 952). Bei der Anfertigung derselben ist auf das Schwindmaß der Pressungen sowie auf die nachherige Bearbeitung der Hartgummiteile Rücksicht zu nehmen. Vielfach werden die Innenflächen der Form mit einem Schutzüberzug (Verchromung) versehen.

Die gegeneinander genau geführten Formenhälften erhalten einen Einstrich der gebräuchlichen Formenschmiere, der mit der Spritzpistole aufgetragen wird. Die verwendete Mischung, die stets einen Anteil von Hartgummistaub enthält, bekommt in der Regel einen starken Beschleunigerzusatz.

Die einzulegenden Materialstücke werden je nach der Form der Preßstücke, die hergestellt werden sollen, aus der kalandrierten Platte

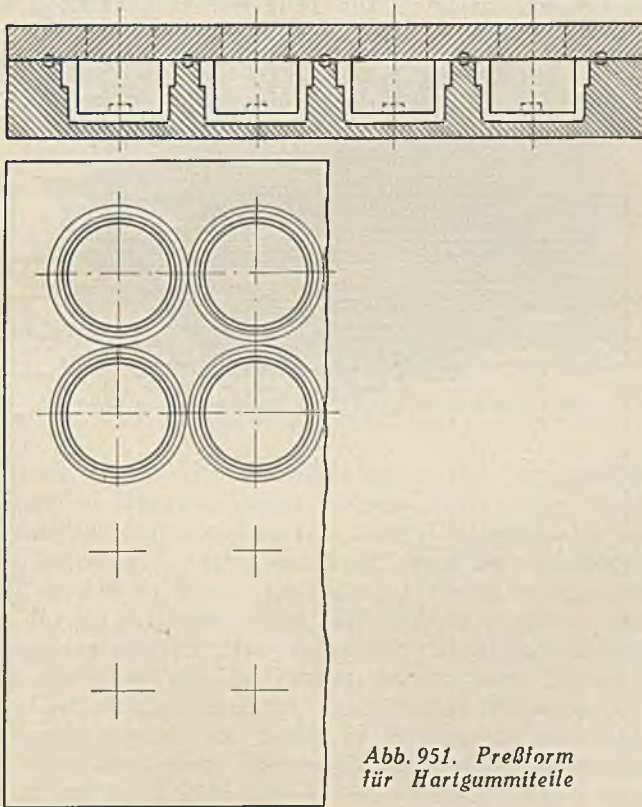


Abb. 951. Preßform
für Hartgummitteile

ausgestanzt oder es werden rohe Stäbe bzw. Rohre auf der Schlauchmaschine gespritzt und hievon kurze Stücke abgeschnitten. Die Vulkanisation erfolgt teils bis zur Fertighärte in der Form, teils wird die Vulkanisation in der Form nur bis zur Formbeständigkeit geführt und die Fertigheizung frei im Kessel vorgenommen. In letzterem Falle ergibt sich eine bessere Ausnutzung des Formenmaterials und der Pressen. Kleine Preßstücke aus billiger Qualität, wie z. B. Pfeifenspitzen, werden auch hergestellt, indem man diese in einer Kniehebelpresse auf einem Dorn roh vorpreßt und frei im Kessel vulkanisiert. Diese Pressungen fallen allerdings nicht so sauber aus, wie die in der Form geheizten oder vorvulkanisierten Artikel.

Die fertiggelassenen Teile werden nunmehr einer weiteren Bear-

beitung unterzogen. Das Entgraten erfolgt an Schleifscheiben geeigneter Form, bei Hartgummitteilen größerer Abmessung wird der Grat vielfach mit der Handfeile abgenommen. Runde, rohrähnliche Stücke werden an einer fassonierten Schleifscheibe unter Verwendung einer profilierten Führungsscheibe, die den Anpreßdruck erzeugt, naß geschliffen. Die Schleifscheiben sind meist aus Siliziumkarbid hergestellt, mit ziemlich weicher Bindung.

Bei billigen Massenartikeln wird die weitere Bearbeitung in Reib- und Poliertrommeln vorgenommen. Die Teile werden zusammen mit Leder-

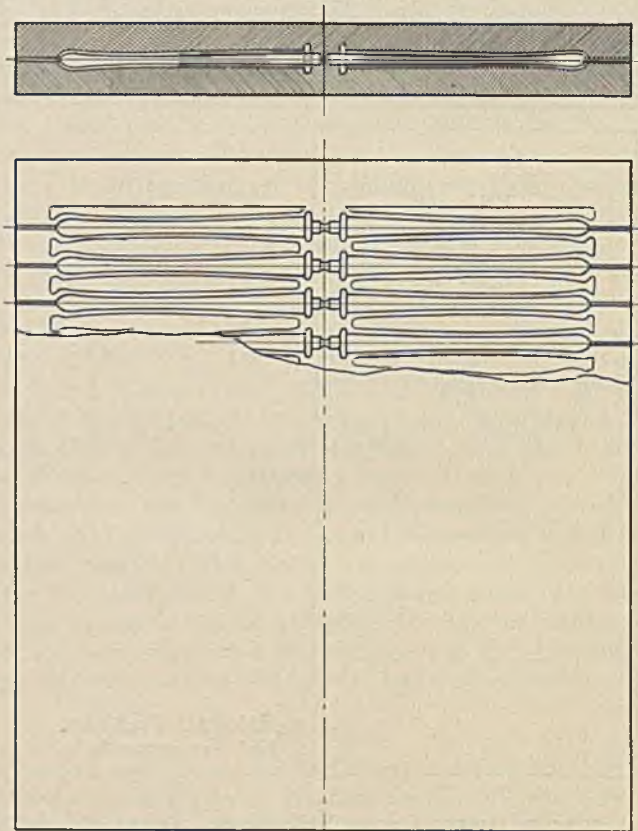


Abb. 952. Preßform für Hartgummitteile

abfällen und Stofflappen in rotierende Blech- und Holztrommeln gefüllt und nach Besprengung mit Wasser unter Zusatz von Scheuer- und Poliermitteln (Quarzsand, Bismehl, Poliertripel) durch 12 bis 36 Stunden rotieren gelassen. Diese getrommelten Hartgummitteile werden dann entweder noch mit Öl geschwärzt und in unpolierter Ausführung geliefert, oder es werden diese, wie später erwähnt, von Hand aus auf einer Polierscheibe noch mit einer Hochglanzpolitur versehen. Für diese Bearbeitungsweise kommt vor allem die große Gruppe der chirurgischen Hartgummiartikel in Betracht.

Für jene Hartgummitteile, die einer genauen Bearbeitung bedürfen, stehen außer verschiedenen, den besonderen Zwecken angepaßten Schleifmaschinen, meistens Revolverbänke und kleine Halbautomaten in Verwendung. Hiebei ist zu erwähnen, daß auch gute Hartgummiqualitäten bei der Bearbeitung die Arbeitswerkzeuge ziemlich stark beanspruchen. Bis vor einigen Jahren wurden daher häufig Drehdiamanten zur Bearbeitung von Massenteilen verwendet. Diese Drehdiamanten sind

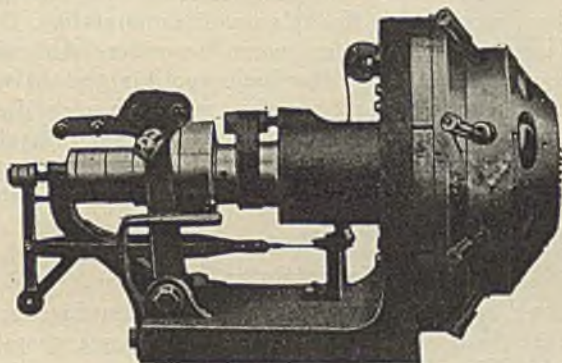


Abb. 953. Bohrmaschine für Hartgummi-Mutterrohre
(Hugo Dietzel, Hannover)

nicht nur teuer in der Anschaffung, sondern auch empfindlich im Gebrauch und leicht Beschädigungen ausgesetzt. Heute ist das Diamantwerkzeug fast ganz durch hochwertige, meist Wolframkarbid und Kobalt enthaltende Speziallegierungen verdrängt, deren Schneiddauer ein Vielfaches jener des besten Werkzeugstahles ist. Diese Legierungen (Widiametall von Krupp, Essen u. a.) sind allerdings spröde und können nicht geschmiedet werden. Man verwendet daher Stahlschäfte, auf die die kleinen Metallplättchen aufgelötet werden. Zum Schleifen dienen extraharte Carborundumscheiben. Auch Bohrwerkzeuge für größere Lochdimensionen werden aus diesen hochwertigen Legierungen hergestellt. Im übrigen werden für Bohrarbeiten Spiralbohrer benutzt, die mit besonders tief gefrästen Spiralnuten versehen sind, um den sich ablösenden lockeren Materialspänen genügend Raum zu lassen. Sofern es sich um das Bohren von Massenartikeln handelt, werden gleichfalls Spezialmaschinen verwendet, wie z. B. für Hartgummimutterrohre (Abb. 953).

In vielen Fällen sollen die fertiggearbeiteten Hartgummitteile noch mit einer Hochglanzpolitur versehen werden. Soweit diese Gegenstände nicht getrommelt wurden, ist es notwendig, die Flächen vorzuschleifen, was entweder im Naßschliff auf einer Schleifscheibe, oder, besonders bei gewölbten und einspringenden Flächen, durch Abreiben mit Schleifmitteln (Quarzsand, Bimsstein) auf einer Tuchscheibe geschieht. Zum Polieren werden Scheiben aus Baumwollstoff verwendet, die bei etwa 400 mm Durchmesser mit 1400 Umdrehungen pro Minute umlaufen. Als Poliermittel dient geschlämmte Tripelerde (Poliererde) mit etwas Öl und Wasser. Die zu polierenden Flächen müssen während des Polierens fort-

gesetzt über die Scheibe bewegt werden, um ein Verbrennen zu vermeiden.

Die Preßartikel sind heute jener Zweig der Hartgummifabrikation, der am meisten gegen die Konkurrenz anderer Materialien, besonders der Phenolkondensationsprodukte, zu kämpfen hat. Die Herstellung dieser Ersatzmaterialien stellt sich in der Regel billiger, weil die Pressungen fast ohne Schwindmaß erhalten werden und daher meist schon von der Form aus eine genügende Genauigkeit besitzen, auch läßt sich die Oberfläche derselben leichter mit Hochglanzpolitur herstellen. Demgegenüber müssen die Hartgummipressungen, wenn besondere Anforderungen hinsichtlich Maßgenauigkeit oder Oberflächenpolitur gestellt werden, nachträglich bearbeitet und poliert werden, wodurch sich die Herstellung verteuert. Trotzdem findet für zahlreiche Verwendungsgebiete die Erzeugung der Hartgummipressungen auch heute noch in größtem Umfange statt, wobei die sonstigen vorteilhaften Eigenschaften des Materiales ausschlaggebend sind.

Kammfabrikation

Hartkautschuk hat sich durch seine natürlichen Eigenschaften, seine Elastizität, Festigkeit und Polierfähigkeit als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Kämmen besonders geeignet erwiesen und auf diesem Gebiete gegenüber anderen Rohmaterialien große Verbreitung gefunden. Die Grundlage der Fabrikation bildet die im Jahre 1854 von P. O. Meyer eingeführte Verwendung der Zinnfolie, von der eine Art Hilfsform gebildet wird, die gestattet, die Kammplatten unmittelbar nach Vornahme der Pressung aus der Form zu nehmen und frei im Kessel zur Vulkanisation zu bringen.

Zur Verarbeitung gelangt eine Mischung mit hohem Rohgummigehalt, die bei farbigen Kämmen die erforderlichen mineralischen Zusätze erhält. Der für die Kammfabrikation bestimmte Rohgummi wird sorgfältig von allen Verunreinigungen befreit. Längeres Mastizieren ist notwendig, um die erforderliche Plastizität der Mischung zu erzielen, zu welchem Zwecke auch ein Zusatz von Öl gegeben wird. Bei Verarbeitung von Wildkautschuk (Afrikaner) ist es leichter, eine genügend plastische Mischung zu erhalten. Trotzdem ist die Verwendung dieser Sorten seltener geworden, was hauptsächlich auf deren höheren Preis und den bedeutenden Waschverlust zurückzuführen ist. Nach dem Mastizieren läßt man den Rohkautschuk durch 24 Stunden ablagern, bevor der Schwefel und die Zusätze eingemischt werden. Das spezifische Gewicht der vulkanisierten Mischung liegt zwischen 1,17 und 1,23. Das Mischungsrezept kann mit und ohne Vulkacitzusatz aufgestellt werden. Von den verschiedenen Beschleunigern kommen jedoch nur solche Sorten in Betracht, deren kritische Temperatur über 100° C liegt, da sonst ein Anvulkanisieren des Materiales bei der Herstellung der Pressungen eintritt.

Von dem Material wird entweder auf dem Dreiwalzenkalander eine Platte gezogen, die auf einer Dubliertrommel zu der erforderlichen Stärke zusammengesetzt und mittels einer mit Rollenmessern arbeitenden Schneidemaschine in Stücke entsprechender Größe geschnitten wird.

Oder es werden auf der Schlauchmaschine Streifen von passendem Querschnitt gespritzt und auf die erforderliche Länge abgestanzt. Die Materialstücke durchwandern dann einen Wärmeschrank, in dem eine Vorwärmung auf etwa 80° C erfolgt, und werden hierauf unter Beigabe von zwei Zinnfolien in die in die Presse eingespannte Form eingelegt. Beim Schließen der Presse tritt allseits das überschüssige Material aus, das wieder zur Rohmischung zugegeben und verarbeitet wird.

Für die Herstellung der Kammpressungen stehen sowohl hydraulische Pressen (Abb. 954), als auch Pressen mit Kniehebel- und Druckdaumenbewegung (Abb. 955) in Verwendung. Die hydraulischen Pressen sind meist als Doppelpressen ausgebildet, die bei Hub und Senkung des Kolbens je eine Pressung ergeben. Günstig wirkt hier die eine gewisse Zeitdauer umfassende Ruhestellung der geschlossenen Presse, ungünstig die geringere Arbeitsgeschwindigkeit sowie die höheren Instandhaltungskosten für die hydraulische Anlage. Die modernere Bauart dürfte die Kniehebelpresse darstellen, deren Druckleistung mit etwa 400 bis 500 t gewählt wird. Die Preßfor-

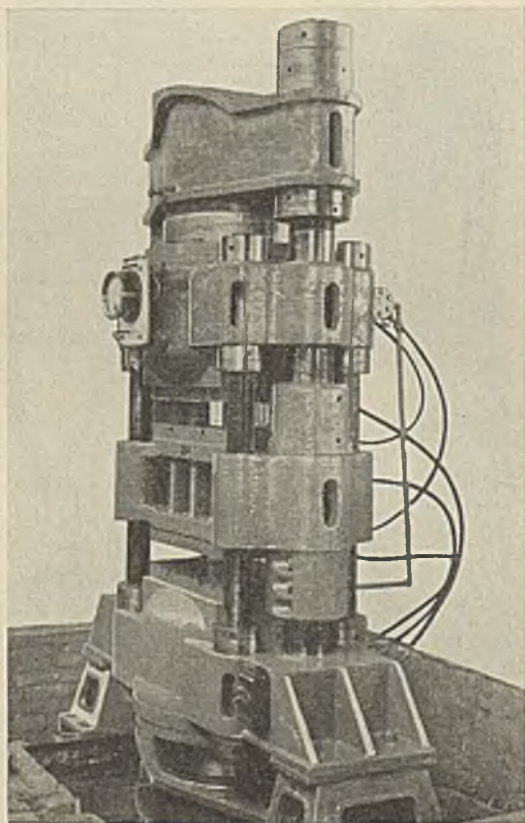


Abb. 954. Doppeltwirkende Schnellpresse
(Becker & van Hüllen A.-G., Krefeld)

men sind aus Martinstahl hergestellt (Abb. 956), wobei zwecks voller Ausnutzung der Preßflächen je nach Größe der Kämme 4 bis 30 Einsätze untergebracht werden. Die Ausführung der Formen erfolgt derart, daß eine möglichst geringe Nachbearbeitung der Pressungen erforderlich ist.

Die verwendete Zinnfolie, deren Stärke 0,25 bis 0,35 mm beträgt, wird von den Kammfabriken selbst hergestellt. Es kommen ganz ansehnliche Quantitäten hiervon in Betracht, denn das von großen Kammfabriken verarbeitete Foliengewicht beträgt 2000 bis 3000 kg pro Tag! Reines Zinn (Banka, Malakka) ist für die Folienherstellung zu weich. Allerdings

wird das Metall bei wiederholtem Umschmelzen durch den sich steigernden Gehalt an Zinnoxid härter. In der Regel gibt man jedoch im Vorhinein einen Zusatz von Blei, Antimon, Kupfer oder anderen Metallen, der die Folie widerstandsfähiger macht.

Die aus der Form ausgehobene Kammprägung wird an Eisenstangen aufgehängt und zur Vulkanisation gebracht. Die Heizung erfolgt vielfach

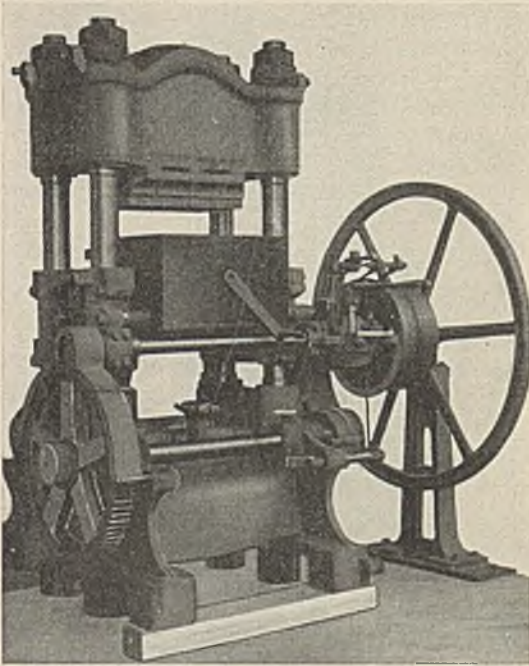


Abb. 955. Kniehebelpresse
(Christian Mansfeld, Leipzig)

in dem schon bei der Plattenfabrikation beschriebenen Kessel mit Wasserwanne, teils wird diese direkt im Dampf vorgenommen, wobei auch hier Vorsorge für gleichmäßige Temperaturverteilung zu treffen ist. Es ist zu berücksichtigen, daß nicht nur die Kammischung selbst gegen Übertemperaturen sehr empfindlich ist, sondern daß auch das Zinn bei zu großer Erwärmung an Festigkeit verliert. Die Heizdauer beträgt normal 8 bis 10 Stunden bei einer Temperatur von 140° bis 145° C, bei Zusatz geeigneter Beschleuniger etwa 5 Stunden. Nach Beendigung der Heizung werden die erkalteten Kammpplatten von den

Haken abgenommen, die anhaftenden Zinnbleche mittels einer Abziehmaschine abgezogen und die Pressungen der weiteren Verarbeitung zugeführt.

Die abgezogene Zinnfolie wandert in einen meist mit Gas oder Öl geheizten Schmelzofen, aus dem das geschmolzene Metall in Barren oder Platten abgestochen wird, die auf starken Zweiwalzenkalandern (Abbildung 957) wieder zu Blechen und dünnen Folien ausgewalzt werden. Die sich bildende Zinnasche wird sorgfältig gesammelt und in Raffinieröfen wieder auf metallisches Zinn aufgearbeitet.

Sollen die Kämme mit farbig marmorierter Oberfläche versehen werden, so pflegt man die in die Presse einzulegenden Materialstücke beiderseits mit einer gefärbten Auflageplatte zu versehen. Farbige Kämme werden nur in verhältnismäßig geringem Umfang erzeugt, weil der erforderliche bedeutende Zusatz von mineralischen Farbstoffen für die Verarbeitung doch erschwerend wirkt.

Die vulkanisierten Kammpplatten werden in Stücke gebrochen und entgratet, sodann die Kammrücken geschliffen und durch Abreiben auf

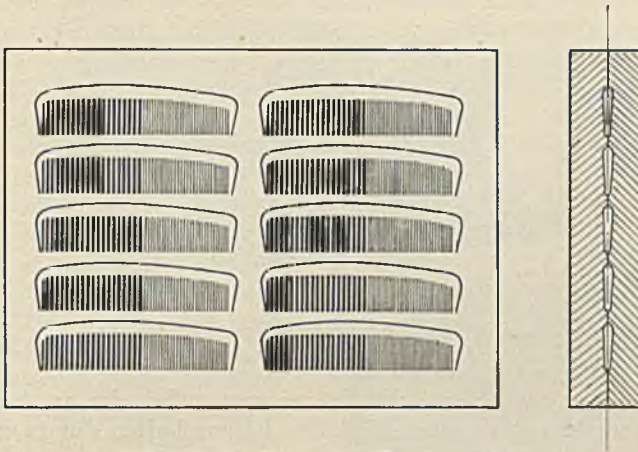


Abb. 956. Preßform für Hartgummikämme

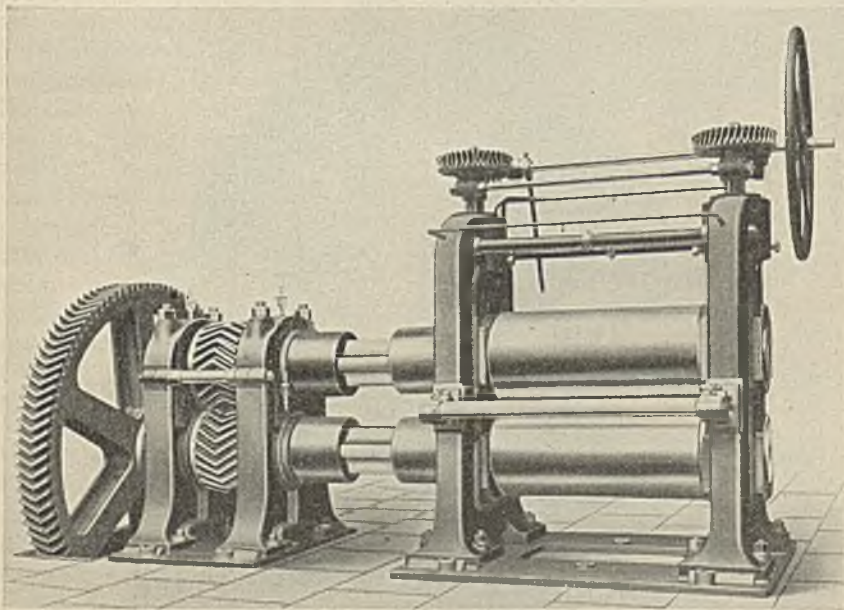


Abb. 957. Kalander zum Auswalzen von Zinnfolien
(Hermann Berstorff G. m. b. H., Hannover)

Tuchscheiben polierfähig gemacht. Die Kämme kommen nunmehr in die Kammschneidewerkstätte, in der auf halbautomatischen Maschinen die Zähne eingeschnitten werden. Für diese Maschinen, die in Gruppen aufgestellt werden, bestehen auf langjähriger Erfahrung beruhende Kon-

struktionen (Abb. 958 und 959). Von den einzelnen Arbeitskräften wird eine größere Anzahl Maschinen bedient. Als Schneidewerkzeuge werden

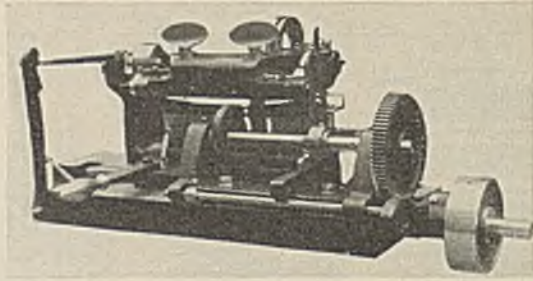


Abb. 958. Kammschneidemaschine
(Hugo Dietzel, Hannover)

glatte Kreissägen sowie konische Fräser verwendet, die an drei Seiten mit einer Verzahnung versehen sind. Die Eigenschaften des zu verarbei-

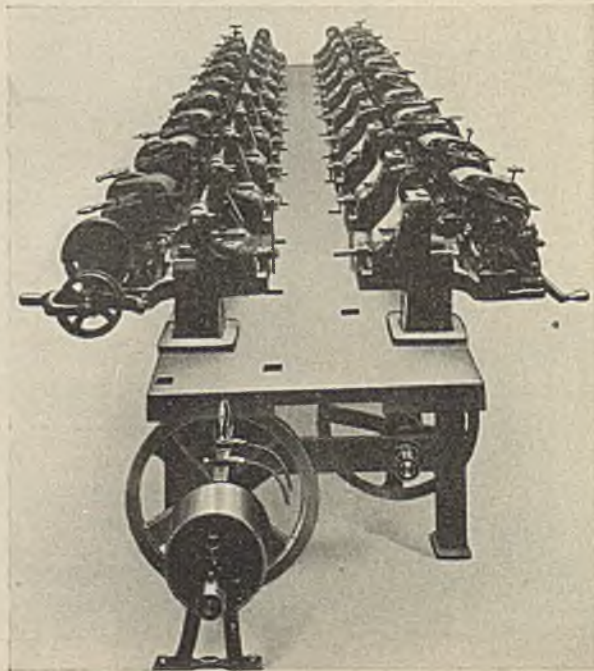


Abb. 959. Kammschneidemaschine
(Eduard Meeh, Pforzheim)

tenden Materiales bedingen spezielle Erfahrungen in der Herstellung und Behandlung der Werkzeuge. Es kann gesagt werden, daß, neben der Kammpresserei, die rationelle Einrichtung der Kammschneidewerkstätte

in erster Linie für die Wirtschaftlichkeit und den Erfolg der Kammfabrikation maßgebend ist.

Nach dem Schneiden folgt das Abrunden der Zahnspitzen auf den sogenannten Carliermaschinen (Abb. 960). Die Käämme werden hierzu gegen eine rasch umlaufende Stoffscheibe, die gleichzeitig eine hin- und hergehende Bewegung in der Längsachse erhält, gedrückt. Die Stoffscheiben sind mit einem Gemenge von Bimsmehl, Quarzmehl und dergleichen und Wasser versetzt. Die Zahnspitzen erhalten hierbei die gewünschte Rundung. Nach dem Carlieren gelangen die Käämme in die Poliererei. Das

Polieren wird in zwei Arbeitsgängen vorgenommen, wobei bei dem ersten unter Verwendung reichlicher Mengen von Poliermitteln mit Öl und Wasser eine Vorpolitur erzielt wird. Die Käämme werden dann auf einer Fibrebürste mit Öl ausgebürstet und erhalten im zweiten Arbeitsgang auf trockenem Wege Hochglanz. Als Poliermittel dient in der Hauptsache Tripelerde mit verschiedenen Zusätzen. Die Polierscheiben (etwa 450 mm Durchmesser, 1500 Umdrehungen pro Minute) sind aus Baumwollstoff angefertigt, der mit den erforderlichen Zwischenlagen auf der Spindel zu einer breiten Scheibe zusammengespannt wird (Abb. 961). Poliert wird meist in der Weise, daß die Käämme fächerförmig auf die

Polierscheibe gehalten werden, und zwar unter fortgesetzter Bewegung, um ein Verbrennen der Oberfläche zu vermeiden.

Die fertigen Käämme werden nunmehr sortiert und meist mit einem Goldstempel versehen. Hierzu verwendet man kleine Kniehebelpressen (Abb. 962), die im Oberteil einen gehärteten Stahlstempel tragen, über den die mit Klebestoff behandelte Goldfolie geführt wird. Die Fabrikmarke, Ursprungsbezeichnung und dergleichen wird mit einem Blindstempel eingedrückt. Schließlich wird der Kamm in eine Scheide aus Papier gesteckt und zu Dutzend oder Gros gepackt.

Zum Schlusse sei noch die Fabrikation der dublierten (gestochenen Käämme) kurz erwähnt, obwohl deren Herstellung bei den heutigen niederen Rohgummipreisen nur geringe Bedeutung hat. Für die dublierten Käämme werden die Kammplatten derart gepreßt, daß immer je zwei Käämme mit den Zähnen ineinanderliegen, so daß die Kammrücken also nach außen zu angeordnet sind. Nach dem Abgraten und Schleifen kommen diese Kammplatten auf die Dubliermaschine (Abb. 963), die mit

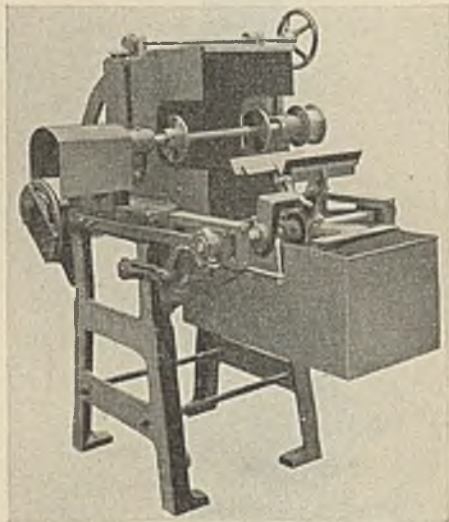


Abb. 960. Carliermaschine
(Hugo Dietzel, Hannover)

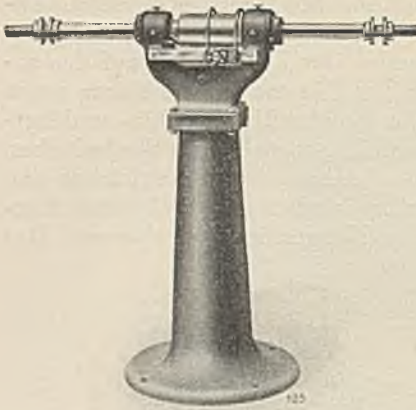


Abb. 961. Poliermaschine
(Langbein-Pfannhauser Werke, Wien)

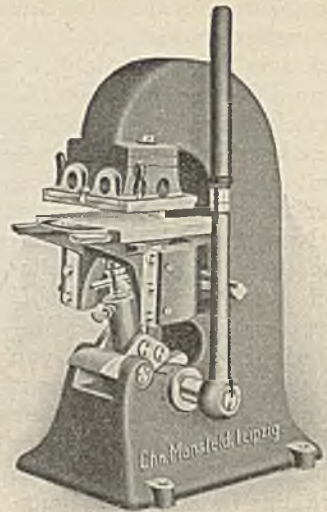


Abb. 962. Stempelpresse
(Christian Mansfeld, Leipzig)

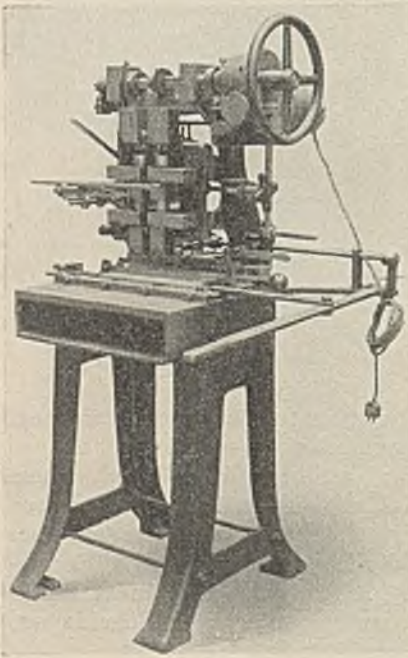


Abb. 963. Doubliermaschine
(Eduard Meeh, Pforzheim)

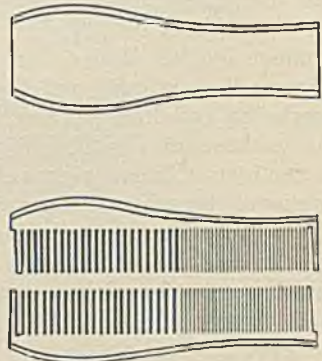


Abb. 964. Doublierte Kamm-
platte

einem oder zwei von oben arbeitenden Messerpaaren, deren Schneiden rechtwinklig abgesetzt sind, die Zähne ausstechen. Hierzu wird die Kammplatte auf etwa 80° C erwärmt. Nach dem Stechen können die beiden Käme auseinandergezogen werden, wobei jedoch an einem

Ende des Kammes durch das Ausstechen des Gegenzahnes eine Lücke bleibt, die durch Zubiegen des Eckzahnes geschlossen werden muß (Abbildung 964). Die Zähne der dublierten Kämme müssen noch verlaufend zugeschliffen werden, hierauf erfolgt die weitere Verarbeitung ähnlich wie bei den geschnittenen Kämmen. Bei dieser Fabrikation liegt die Verbilligung hauptsächlich darin, daß der durch das Schneiden der Zähne bedingte Materialverlust vermieden wird. Bei niedrigen Rohgummi-preisen fällt diese Ersparnis nicht mehr so ins Gewicht, so daß der geschnittene Kamm, dessen Zahnausführung jedenfalls schöner ist, heute überwiegend den Markt beherrscht.

KAUTSCHUKBEKLEIDUNGEN VON METALLEN

VON EDUARD VOSSEN, KÖLN-NIPPES

In der Literatur sind wenig Hinweise zu finden über die Vorgeschichte dieses Gebietes. Bereits frühzeitig wurden Versuche gemacht, ähnlich wie Textilien auch Metalle mit einer festhaftenden Kautschukschicht zu überziehen. Die Vorbedingungen für einen Erfolg wurden aber erst gegeben, als 1851 Nelson Goodyear beobachtete, daß durch Erhitzen eines mechanischen Gemisches von Kautschuk und Schwefel ein brauchbarer Hartkautschuk erhalten wird. In der folgenden Ausnutzung dieser Beobachtung erhält 1860 T. B. Daff in England ein Patent, nach dem Metallplatten auf beiden Seiten mit Kautschuk belegt und vulkanisiert werden. 1862 waren auf der Weltausstellung in London Hartkautschukbeläge auf Eisenteilen für Pferdegeschirre von der Firma W. Silver & Co. ausgestellt. Somit hatte die industrielle Verwertung eingesetzt und entwickelte sich, so daß um 1890, wie aus alten Werbeschriften hervorgeht, die Auskleidung von Zentrifugentrommeln, Abdampfschalen, Gefäßen aller Art mit Hartkautschuk und das Überziehen von Schiffswellen mit mittelharten Vulkanisaten als altbekannt vorausgesetzt werden konnte.

Werden die Arbeitsmethoden bisher veröffentlichter Technologien mit den heutigen verglichen, so zeigen beide die gleichen Grundzüge.

Diese sind:

Auf eine gereinigte Metalloberfläche werden Klebeschichten aufgebracht und auf diese getrockneten Schichten werden Kautschukmischplatten luftfrei in der gewünschten Stärke aufgetragen und das Ganze einer zweckentsprechenden Vulkanisation unterworfen.

Aber wenn auch das Prinzip das gleiche blieb, so sind doch im wesentlichen nach dem Kriege bedeutende Fortschritte erzielt worden. Ergänzt und begünstigt wurden dieselben durch das Ausschalten stets ungleich anfallender Wildgummisorten, durch die Erforschung des Kautschukmoleküls, durch die geschickte Anwendung von Katalysatoren und Aktivatoren und durch vertiefte Erkenntnis des Vulkanisationsvorganges. Durch die außerdem zusätzlich erworbenen Erfahrungen ist eine Veredelung der Fabrikate herbeigeführt worden, welche die nach geeigneten Baustoffen suchende Industrie veranlaßte, die Kautschukbekleidungen in erhöhtem Maße für ihren wachsenden Bedarf bei gesteigerten Ansprüchen als Schutzbelag ihrer technischen Apparaturen heranzuziehen.

Kautschukbekleidungen werden ausgeführt zum Schutze der Metalle gegen Korrosion durch mittelbare oder unmittelbare elektrochemische und chemische Angriffe, bedingt durch Gase, Säuren, Laugen, Salzlösungen, Agenzien organischer Natur oder elektrische bzw. galvanische Ströme. In geringerem Ausmaße dient die Kautschukbekleidung zur Verminderung von Wärmeübertragungen durch Metalle und zur Geräuschdämpfung bei schwingenden Metallteilen.

Weiter dienen diese Auskleidungen zum Schutze gegen Verschleiß, der durch mechanischen Angriff in Bewegung befindlicher Feststoffe

hervorgerufen wird. Durch eine Kautschukbekleidung werden ferner Veredelungsprodukte gegen Verunreinigungen durch gelöste Metallteile oder entstehende Metallverbindungen geschützt und Störungen von Reaktionen ausgeschaltet, die entweder durch Bildung von Reaktionsgiften oder durch vagabundierende Ströme verursacht werden können.

Entsprechend seinem Verwendungszwecke unterliegt der Kautschuk als Belag einer vielseitigen und stets wechselnden Beanspruchung in thermischer, chemischer, physikalischer und mechanischer Beziehung. Das gleichzeitige Auftreten aller dieser Faktoren, die sich auch bei der Anwendung wechselweise überschneiden können, benötigt eine genaue Kenntnis der jeweiligen Beanspruchungsvorgänge, um Spitzenleistungen zu erzielen. Begründet durch diese vielfachen Möglichkeiten wird die Kenntnis des Materials, und zwar der physikalischen Eigenschaften und der chemischen Haltbarkeit eine Notwendigkeit.

Physikalische Eigenschaften

Die Dichte des Kautschuks beträgt 0,92 bis 0,93, und die Dichte des Kautschukschwefelsystems beträgt je nach dem Schwefelgehalt 0,93 bis etwa 1,2. Sind dem Kautschukschwefelsystem außerdem noch organische oder anorganische Körper als Eigenschaftsträger beigemischt, so ändert sich das spezifische Gewicht entsprechend dem spezifischen Gewicht und der Menge der zugesetzten Substanz. Dasselbe wird aber nur in seltenen Ausnahmefällen die Zahl von 2,5 übersteigen.

Die Temperaturbeständigkeit. Die Kautschukvulkanisate aller Schwefelungsstufen sind temperaturbeständig bis etwa 60° C. Über diese Temperatur hinaus wird eine zunehmende Erweichung merkbar. Werden dem Kautschuk Füllstoffe als Eigenschaftsträger zugemischt, so kann eine gute Wärmebeständigkeit bis etwa 160° C erreicht werden.

Die Anwendungsmöglichkeiten des Kautschuks als Belag liegen allgemein zwischen — 10 und + 110° C; in Ausnahmefällen können Bekleidungen für Temperaturen bis — 40° und solche bis + 160° ausgeführt werden.

Die Wärmeleitfähigkeit beträgt 0,00038. Sie kann durch entsprechende Zusätze von Mineralien oder feingepulverten Metallen in gewissen Grenzen erhöht werden (z. B. eine Röntgenplatte von etwa 300 Gewichtsprozenten Bleipulver auf den Kautschuk gerechnet, erreicht eine Wärmeleitfähigkeit von 0,001). Als praktischer Hinweis sei zu erwähnen, daß eine 4 mm dicke Kautschukschicht die halbe Wärmeleitfähigkeit von Steinzeug üblicher Wandstärke und $\frac{1}{7}$ der Wärmeleitfähigkeit von Eisen besitzt.

Das Wärmeisoliationsvermögen ist entsprechend der geringen Wärmeleitfähigkeit außerordentlich gut.

Der kubische Ausdehnungskoeffizient beträgt 0,00008.

Die Dielektrizitätskonstante beträgt 2,4 bis 2,6.

Die Durchschlagsspannung beträgt bei Hartgummi etwa 30 KV/cm.

Der Elastizitätsmodul 26,3 kg/qmm.

Der Verschleißwiderstand ist außerordentlich wechselnd und richtet sich nach der jeweiligen Beanspruchung; z. B. eine etwa 10 mm dicke Verkleidung einer Quarzschlammpumpe weist gegenüber den schleißfestesten Metallegierungen eine vielfache Lebensdauer auf.

Chemische Haltbarkeit: Siehe später folgende Tabelle.

Auswahl des Materials

Die Wahl der Bekleidung, ob Weichgummi, mittelharter Gummi oder höher geschwefelte Vulkanisate Verwendung finden sollen, muß entsprechend dem Verwendungszweck und der Beanspruchung erfolgen. Es sind hierbei von Einfluß: das chemische Agens mit eventuellen Beimengungen und Verunreinigungen, die Konzentration, die Temperatur, die Zeit eines Temperaturwechsels, Druck oder Vakuum, Beanspruchung elektrischer Natur und mechanische Anforderungen. Fehler in der Bewertung dieser Faktoren bei der Wahl können zum Versagen der Bekleidung führen und Unwirtschaftlichkeit bzw. vorzeitige Zerstörung bewirken.

Seine wertvollsten Eigenschaften für fast alle Verwendungszwecke erhält der Kautschuk durch die Vulkanisation mit Schwefel. Die chemische Bindung beider Körper erfolgt meistens durch Erwärmen, und entsteht hierbei aus der mechanischen Mischung eine stabile Verbindung. Der Schwefel kann angelagert werden von 0,2 bis über 30% vom Vulkanisat, und je nach dem Prozentsatz des Schwefels im Kautschukschwefelsystem erhält man einen elastischen, zähen durchsichtig klaren Weichgummi, mittelharte und lederharte Qualitäten oder ausgesprochenen Hartgummi.

Die größte Widerstandsfähigkeit gegen chemische Angriffe zeigen die unteren und die höchsten Schwefelungsstufen. Die Bindung des Schwefels bei bestimmten Weichvulkanisaten findet an den Enden der Kohlenstoffkette statt; die Doppelbindungen des Isoprens bleiben bestehen, aber der ungesättigte Charakter der Endvalenzen wird aufgehoben, und es entsteht ein Anwachsen der Komplexe, wodurch die Widerstandsfähigkeit der Verbindung erhöht wird.

Bei mittleren Schwefelungsstufen wird durch teilweise Aufhebung der Doppelbindung des Isoprens und Anlagerung von Schwefel die Kette geschwächt, und die Widerstandsfähigkeit in chemischer Beziehung verringert. Je mehr Schwefel eingeführt wird, um so mehr Doppelbindungen werden abgebunden und aufgehoben und Schwefelbrücken von Isoprenrest zu Isoprenrest geschlagen, bis die dreidimensionale Bindung bei Hartkautschuk vollendet und damit eine große chemische Widerstandsfähigkeit erreicht ist.

Die größte Haltbarkeit gegen mechanischen Verschleiß zeigen im allgemeinen die weichen Vulkanisate. Hier richtet sich die Höhe der bestgeeigneten Schwefelungsstufe nach Art der festen Stoffe, durch die der Kautschuküberzug beansprucht werden soll, ferner nach dem Druck, nach der Temperatur, nach Art und Richtung der Strömung und der Geschwindigkeit dieser Stoffe. Es ist ohne weiteres klar, daß eine mit Weichgummi ausgekleidete Röhre, durch die Kohlenstaub mittels Druckluft geblasen wird, anders beansprucht wird, wie z. B. eine Zentrifugal-

pumpe, durch die sandhaltige Säureflüssigkeit gefördert wird. Abgesehen von der Teilchenform, Größe und Härte, spielt die Gewalt der Wirbelung der Fördermasse eine wichtige Rolle.

Das System Kautschuk-Schwefel bildet, gleich in welchem Verhältnis die beiden Faktoren zueinander stehen, immer eine elastische Masse. Um dieser eine größere Wärmebeständigkeit zu geben, müssen diesem System in vielen Fällen geeignete Zuschläge als Eigenschaftsträger zugemischt werden (siehe Kapitel Mischwesen). Es werden für Metallbekleidungen gewählt:

Bei Weichgummi und mittelhartem Gummi aktive oder inaktive Füllstoffe, wie z. B. amerikanischer Gasruß, Ruß, Ton, Zinkoxyd, Bleiglätte.

Bei Hartgummi z. B. Hartgummistaub (siehe Kapitel Hartgummi), Kieselsäure, Graphit, Carborundum, Asbest und ähnliche säurefeste Stoffe.

Je nach der Beanspruchung müssen nicht allein die Schwefelungsstufen, sondern auch die Vulkanisationszuschläge und die Eigenschaftsträger ausgewählt werden. Es bleibt aber immer der technischen Überlegung überlassen, je nach Art der Anforderungen die Spitzenleistungen des Materials nach der einen oder anderen Richtung hin zu verstärken. Es ist stets zu berücksichtigen, daß die Haftfestigkeit an der Metalloberfläche einer der wichtigsten Punkte für die Haltbarkeit im Betriebe ist, und daß nur in diesem Zusammenhange die Mischungstechnik ausgeübt werden darf.

Bei reinem Weichgummi werden Füllstoffe in geringen Mengen eingemischt. Handelt es sich z. B. bei bewegten Feststoffen um aufprallende, scharfkantige, harte Teilchen, so muß die elastische Schutzschicht nachgeben, um den angreifenden Massen die Kraft der Verschleißwirkung zu nehmen. Handelt es sich um weiche Teilchen bzw. um eine schleifende und wirbelnde Bewegung, so wird eine schleißfeste Mischung mit mehr oder weniger starker Füllung durch Kieselsäure oder amerikanischen Gasruß richtig sein. Wird der Weichgummi außerdem auf Wärme beansprucht, so muß die Materialzusammenstellung so erfolgen, daß die das Gerippe des Kautschuk-Schwefelvulkanisats bildenden Eigenschaftsträger bei der Arbeitstemperatur dem System die notwendige Härte und die elastischen Eigenschaften in ausreichendem Maße erteilen bzw. erhalten.

Mittelharte Qualitäten werden durchweg verwendet, wenn mit einer mittleren oder starken Wärmebeanspruchung zu rechnen ist; häufig sind Glättemischungen zweckmäßig, die selbst bei langer Erhitzung eine verhältnismäßig gute Alterung bei gleichbleibender Festigkeit und Härte aufweisen.

Bei den höher geschwefelten Kautschuksystemen wird vielfach Hartgummistaub verwendet, damit der unvulkanisierte Belag während der Vulkanisation und Erwärmung seine Lage nicht verändern kann, ferner dient dieser Staub zur Verringerung des Schwindmaßes während der Vulkanisation.

Bei stark auf Wärme beanspruchten, höher geschwefelten Systemen können größere Mengen Kieselsäure oder Bimsstein zugemischt sein.

Hierbei ist auf die chemische Beanspruchung Rücksicht zu nehmen, denn diese Mineralien dürfen bei einer Beanspruchung z. B. durch Kieselfluorwasserstoffsäure nicht vorhanden sein. Bei Essigsäure und anderen organischen Säuren darf z. B. Ton als Eigenschaftsträger nicht verwendet werden, weil er die Diffusion überhöht, ebenfalls nicht bei starken Alkalien, weil er herausgelöst wird. Bei der Beanspruchung auf Chlor haben die Erfahrungen gezeigt, daß nur das reine Kautschukmaterial, vielleicht mit schwachen Beigaben von Hartgummistaub, die größte Lebensdauer aufweist, wenn auch die durch das Wildermann-Patent (D.R.P. 216 277, 1909) bekannte Zumischung von Graphit scheinbar, da schwarz bleibend, eine bessere Beständigkeit vortäuscht.

Es ist zu weitführend, auf die vielen Einzelfälle einzugehen, und die jeweilige Wahl der Mischung muß der technischen Überlegung und Erfahrung überlassen bleiben.

Die nachfolgende Tabelle gibt über die chemische Widerstandsfähigkeit mit ungefährender Angabe der geeigneten Schwefelungsstufe Andeutungen und zeigt, bis zu welchen Grenzen Kautschukbekleidungen bei chemischer Einwirkung verwendet werden können. Es wurde davon abgesehen, die jeweiligen Veränderungen des Materials zahlenmäßig anzugeben (Rabald, Werkstoffe und Korrosionen II, Leipzig 1931), da dadurch nach bisherigen Erfahrungen nur Verwirrungen und Unklarheiten hervorgerufen werden, und in manchen Fällen Kautschuk verworfen wurde, wo er sich als Baustoff glänzend bewährt hätte.

Es wurde ferner darauf verzichtet, Werturteile mit den Worten »unverändert«, »keine Veränderung«, »kaum merkliche Veränderung«, als Prüfungsergebnisse anzugeben, weil das rein relative, auf das Äußerliche bezogene Angaben sind. Die Kautschukvulkanisate verändern sich vom wissenschaftlichen Standpunkte aus gesehen, immer. Sie quellen z. B. in destilliertem Wasser, wenn auch in geringstem Maße, zeigen aber eine unzweifelhaft meßbare Zunahme, wenn auch nur in Bruchteilen von Prozenten. Alle Chemikalien, Säuren, Laugen, Salzlösungen oder organische Agenzien verursachen Einwirkungen.

Es können auftreten: Quellungen, Auslaugungen, Diffusionen, Ent- und Aufschwefelung der Vulkanisate, Oberflächenangriffe und langsames Aufzehren ohne merkbare Materialveränderung. Alle diese Erscheinungen können sich addieren oder gegebenenfalls gegenseitig aufheben, sich einfach oder mehrfach überschneiden oder ändern, je nach der Temperatur, dem Wechsel der Temperaturen, je nach dem Einfluß von elektrischen Strömen und entsprechen der Zeitdauer (Abb. 965).

Solch komplizierte Vorgänge sind zahlenmäßig nicht ohne weiteres zu erfassen, und es gehört eine exakte tägliche Arbeit und eine umfassende jahrelange Erfahrung dazu, die jeweiligen Untersuchungsergebnisse richtig auszuwerten.

Die Tabelle beruht auf Untersuchungen, die mit erprobten Standardvulkanisaten bei möglichst gleichen Oberflächen und Dicken bei Temperaturen von 20 bis 25°, 40 bis 45°, 70 bis 75° und etwa 100° C ausgeführt wurden und sich im allgemeinen über 1000 Stunden ausdehnten.

Als Standardvulkanisate wurden geprüft:

Weichgummi mit 2% gebundenem Schwefel als Tieftemperaturvulkanisat,
Weichgummi mit 3 bis 5% gebundenem Schwefel als Normalvulkanisat,
mittelharte Vulkanisate mit 6 bis 12% gebundenem Schwefel,
hochgeschwefelte Vulkanisate mit 16 bis 26% gebundenem Schwefel,
höchstgeschwefelte Vulkanisate über 28% gebundenem Schwefel.

Alle Vulkanisate mit den notwendigen Vulkanisationszuschlägen, aber im allgemeinen ohne Beimischung anderer Stoffe als Eigenschaftsträger.

Die Konzentration der Prüfgazmengen wurde nach Vorversuchen und möglichst hoch gewählt.

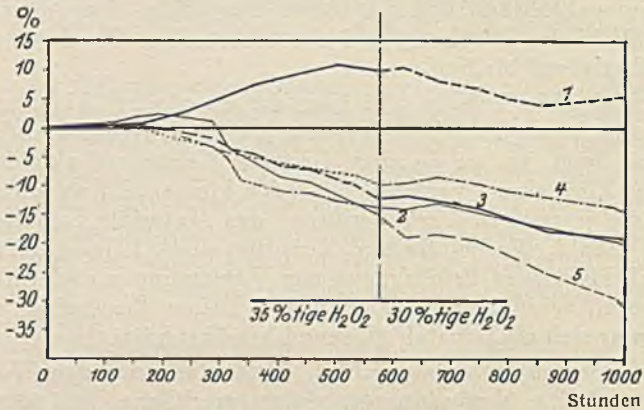


Abb. 965.

1. Butadien-Na-Polymerisat mit 18% S, Vulk. Temp. 150° Cel.
2. „ „ „ „ 40% S, „ „ 133° Cel.
3. Para mit 20% S + 55% SiO₂, Vulk. Temp. 133° Cel.
4. „ „ 31% S, Vulk. Temp. 133° Cel.
5. „ „ 22% S, „ „ 133° Cel.

Chemische Haltbarkeit

1. Anorganische Stoffe:

Allgemeine atmosphärische Einflüsse: Kautschukvulkanisate von 16 bis 24% Schwefel mit einer Beimischung von Ceresin best geeignet.

Wasser: Sämtliche Kautschukvulkanisate geeignet, Schwefelungsstufe je nach sonstiger Beanspruchung.

Grundwasser einschließlich Sumpf- und Moorwasser: Weichgummi geeignet, besser höher geschwefelte Vulkanisate von 20 bis 24% Schwefel und einer Zugabe von Ceresin.

Grubenwasser: Wie vorstehend.

G a s e : Kohlensäure, Stickstoff, Wasserstoff: Kautschuk in allen Schwefelungsstufen geeignet.

Sauerstoff: Schwachgeschwefelte Tieftemperaturvulkanisate mit einer Zugabe von Ceresin sind geeignet, ebenfalls höhergeschwefelte Vulkanisate von 20 bis 28% auch mit einer Zugabe von Ceresin.

Ist ohne jede Einwirkung auf Thiocol, hergestellt aus Äthylendichlorid ($C_2H_4Cl_2$) und Natriumpolysulfid (Na_2S_x).

Rauchgase: Sämtliche Vulkanisate geeignet, Schwefelungsstufe je nach Temperatur.

Fluor, feuchtes Fluor: Starker Angriff auch der höher geschwefelten Vulkanisate, wirtschaftlich verwendbar.

Fluorwasserstoff: Die höher geschwefelten Vulkanisate sind geeignet.

Kieselfluorwasserstoffsäure: Die höher geschwefelten Vulkanisate sind geeignet, eventuell Beimischungen von Graphit.

Chlor:

a) Wechselnd trocken-feucht: Es bildet sich eine Zersetzungsschicht von Chlorkautschuk, die als Schutzschicht des darunter nicht angegriffenen Vulkanisates wirkt. Durch den Wechsel von trocken zu feucht und umgekehrt, entstehen in dieser gebildeten Schutzschicht Risse, durch die erneut das Chlor auf die nicht angegriffene Gummischicht einwirkt und dadurch die Lebensdauer verringert.

b) Feuchtes Chlor: Die höher geschwefelten Vulkanisate sind geeignet, sonst wie oben.

c) Trockenes Chlor: Wie vorstehend.

Chlorwasserstoff: Bei normaler Temperatur jede Schwefelungsstufe geeignet, bei höheren Temperaturen nur die höheren Schwefelungsstufen.

Brom- und Jodwasserstoff: Wie vorstehend, aber stärkere Einwirkung.

Chlor-, Brom-, Jodsäure: Kautschuk ungeeignet.

Nitrose Gase: Gut ausgeheizte, höhere Kautschukvulkanisate geeignet, freier Schwefel begünstigt vorzeitige Zerstörung.

Salpetersäure: Geeignet sind die höher geschwefelten Vulkanisate für Säure von 20% bei 20° C, mit steigender Temperatur Zerstörung, Bildung einer Schutzschicht.

Königswasser: Im allgemeinen ungeeignet.

Schwefelsäure: Tieftemperaturvulkanisate von Weichgummi geeignet bis 70% bis 70° C. Das Material wird langsam aufgezehrt, ohne seine Eigenschaften und sein Aussehen zu ändern. Die höher geschwefelten Vulkanisate haben eine lange Lebensdauer; höhere Konzentration wirkt zerstörend. Bei höheren Temperaturen ist eine Verringerung der Konzentration erforderlich.

Chlorsulfonsäure, Schwefelchlorür, Sulforylchlorid: Kautschuk ungeeignet.

Schwefelwasserstoff: Die tiefer und höher geschwefelten Vulkanisate sind geeignet.

Selensäure: Die höher geschwefelten Vulkanisate sind wirtschaftlich verwendbar.

Phosphorsäure: Die höchst geschwefelten reinen Vulkanisate sind geeignet, unter Umständen kann eine Zumischung von Graphit günstig wirken.

- Chromsäure: Bis 10% Konzentration bei 70° C sind die höher geschwefelten Vulkanisate unter Umständen wirtschaftlich zu verwenden.
- Blausäure: Alle Vulkanisate verwendbar.
- Borsäure: Alle Vulkanisate verwendbar.
- Phosphor-, Arsen-, Antimonchloride und Antimonchlorürlösung: Nur die höher geschwefelten Vulkanisate sind auf die Dauer widerstandsfähig, bei hohen Temperaturen ist Kautschuk ungeeignet.
- Siliziumtetrachlorid: Kautschuk ungeeignet.
- Saure Alkalisalze: Alle Vulkanisate gleich bei welcher Konzentration geeignet.
- Erdalkalisalze: Wie vorstehend.
- Aluminiumsulfat und Alaune: Wie vorstehend.
- Aluminiumchlorid: Wie vorstehend.
- Aluminiumacetat: Wie vorstehend.
- Eisen-, Zinn-, Quecksilbersalze: Wie vorstehend.
- Ammoniak: Alle Vulkanisate geeignet; die Zumischung von fetten Ölen und verseifbaren Substanzen ist ausgeschlossen.
- Alkalihydroxyde und Alkalikarbonate, Erdalkalihydroxyde und Seifen: Alle Vulkanisate geeignet, wie vorstehend.
- Alkalihypochloride, Alkaliperoxyde, Chlorkalk: Die höheren Vulkanisate geeignet.
- Schwefelalkalien: Die höheren Vulkanisate sind je nach dem Schwefelgehalt geeignet; je höher der Schwefelgehalt und die Temperatur ist, um so eher tritt eine Aufweichung bis zur Zerstörung ein (Entschwefelung).
- Alle neutralen Salze: Sämtliche Vulkanisate geeignet.
- Ozon: Tieftemperaturvulkanisate und die höher geschwefelten Vulkanisate ohne Spannung geeignet, unter Umständen mit Zumischung von Ceresin oder Graphit. Thiocol wird nicht angegriffen.
- Wasserstoffsuperoxyd: Wie vorstehend.
- Chlorate, Perchlorate, Persulfate, Perborate, Persilikate: Höher geschwefelte Vulkanisate geeignet bei nicht zu hoher Konzentration und Temperatur.
- Kaliumpermanganat, Chromate und Bichromate: Unter Umständen Kautschukvulkanisate geeignet.
- Mörtel, Zement: geeignet.

2. Organische Stoffe:

- Leuchtgas, Kohlenoxyd, Acetylen: Alle Kautschukvulkanisate sind geeignet.
- Erdöl, Rohteere: Vulkanisate höchster Schwefelungsstufen bei tiefen Temperaturen geeignet.
- Treibstoffe: Wie oben.
- Methylalkohol: Alle Vulkanisate geeignet, auch bei höheren Temperaturen.
- Äthylalkohol: Wie vorstehend. Die höheren Homologe des Äthylalkohols zerstören die Kautschukvulkanisate.

Glyzerin: Alle Vulkanisate sind geeignet.

Acetaldehyd: Diffundiert auch in wäßriger Lösung, wirtschaftlich brauchbar die höher geschwefelten Vulkanisate bis zu Temperaturen von etwa 80°.

Crotonaldehyd: Kautschuk ungeeignet.

Aceton: Vulkanisate jeder Schwefelungsstufe geeignet.

Ester: Diffundieren durch in jeder Verdünnung, höher geschwefelte Vulkanisate brauchbar.

Ameisensäure: Diffundiert; geeignet sind höher geschwefelte Vulkanisate bis 110°.

Essigsäure: Diffundiert; höher geschwefelte Vulkanisate bis 80° C gut verwendbar.

Eisessig mit etwa 3% naszierendem Brom: Butadiennatriumkautschuk mit 40% Schwefel hat eine gewisse Haltbarkeit; für größere Aggregate nicht verwendbar. Die höheren Homologe der Essigsäure greifen alle Kautschukvulkanisate stark an.

Chloressigsäure: Kautschuk ungeeignet.

Essigsäureanhydrid: Kautschuk ungeeignet.

Höhere Fettsäuren: Höchst geschwefelte Vulkanisate unter Umständen mit Zugabe von Graphit und Kieselsäure unter gewissen Bedingungen möglich.

Milchsäure, Oxalsäure, Apfelsäure, Weinsäure, Zitronensäure, Benzoesäure: Die höheren Vulkanisate sind bei nicht zu hohen Temperaturen geeignet.

Benzoylchlorid: Kautschuk ungeeignet.

Salizylsäure: Die höheren Vulkanisate sind geeignet, in verdünnten Lösungen auch die weichen Vulkanisate.

Phenole: Kautschuk ungeeignet.

Gerbsäure: Alle Vulkanisate geeignet.

Harnsäure: Wie oben.

Nitro-Glyzerin, -benzol, -phenol: Kautschuk ungeeignet.

Pikrinsäure: Höhere Vulkanisate geeignet bei niedriger Temperatur; freies Phenol und freie Salpetersäure dürfen nur in Spuren vorhanden sein.

Anilin, Toluidin: Kautschuk ungeeignet.

Halogenverbindungen: Sind Lösungsmittel für Kautschuk, und nur in seltenen Spezialfällen sind die höheren Vulkanisate wirtschaftlich verwendbar.

Schwefelkohlenstoff, ätherische Öle, Terpentinöl, Harze, Harzöl: Für diese Substanzen ist Kautschuk im allgemeinen ungeeignet.

Tierischer Leim, Gelatine: Alle Vulkanisate anwendbar.

Zuckerlösung: Alle Vulkanisate anwendbar.

Die Art der Bekleidung

mit einer Kautschukschicht kann nach verschiedenen Methoden ausgeführt werden, und zwar:

durch die Herstellung des Belages mit Latex (s. Kapitel Latextechnologie), ferner

durch die Herstellung des Belages mit Kautschukquellungen und in den meisten Fällen durch Belegen mit Kautschukmischplatten.

Die Ausführung in Kautschukquellungen kann erfolgen durch Tauchen, durch Anstrich, durch Aufspritzen oder durch Aufspachteln einer zweckentsprechenden Kautschukmischung in Lösung mit Benzin, Benzol, Trichloräthylen, Teerölen usw.

Die Vorbereitung der Metalle für diese Herstellungsarten wird später ausführlich beschrieben. Zu erwähnen ist nur, daß bei kleineren Eisen-teilen die Reinigung durch Atramentieren oder Parkerisieren ergänzt und verbessert werden kann. Durch Bildung der Phosphierschicht wird eine schnellere Benetzung mit Kautschuklösungen erreicht.

Bei der Kautschukbekleidung durch **Tauchen** werden der Schwefel und die Zuschläge nach Art der allgemeinen Kautschukwarenfabrikation dem Kautschukfell mechanisch auf Mischwalzen eingeknetet und mit Kautschukquellungsmitteln eine flüssige Quellung des Systems erzeugt. In dieses mehr oder weniger dünnflüssige Bad wird der vorgereinigte Metallkörper kurz eingetaucht und getrocknet. Das Verfahren kann bei kleinen Teilen mit den Schirmschen Apparaten ausgeführt werden. Die Trocknung kann durch Ventilatoren oder große Fönapparate vorgenommen werden; gegebenenfalls auf Drehtischen, damit durch den Luftzug die Entquellung und Verdunstung des Lösungsmittels beschleunigt wird.

Der Verdunstungsvorgang darf nicht zu schnell erfolgen, damit unter keinen Umständen die äußere Schicht zuerst abtrocknet und dadurch eine Verdunstung der Unterschicht erschwert wird bzw. zu lange dauert. Aus demselben Grunde dürfen die jeweiligen Tauchschichten nicht zu dick sein.

Nach dem ersten Tauchen und Trocknen wird wieder getaucht, und zwar solange, bis die gewünschte Dicke der Kautschukbekleidung erreicht ist. In den meisten Fällen wird später durch Erwärmung der Kautschuk vulkanisiert.

Bei der Gummierung durch **Anstrich** wird eine in Kautschukquellungsmitteln gelöste Mischplatte mit dem Pinsel oder eine stärker verdünnte Lösung mittels Farbspritze auf das entsprechende Metallteil aufgetragen. Dieser Vorgang kann solange wiederholt werden, bis die gewünschte Schichtdicke erreicht ist.

Die Trocknung bei dem Spritzverfahren geht einerseits schneller vor sich als beim Anstrich, da ein Teil des Lösungsmittels schon auf dem Wege zum Metallkörper verdunstet; andererseits ist je nach Art des Körpers mit einem größeren Materialverbrauch und -verlust zu rechnen.

Bei der Gummierung durch **Aufspachteln** wird der Metallkörper zuerst mit einer dünneren Lösung benetzt, und nach dem Trocknen dieser dünnen Schicht wird die Spachtelmasse in beliebiger Dicke aufgestrichen. Auch hier ist dafür zu sorgen, daß das Abtrocknen vollständig wird.

Bei all diesen Herstellungsarten ist darauf zu achten, daß keine Schwefelausscheidung bzw. Kristallisation in der Auftragsmasse eintritt, und daß die verwendeten Quellungen homogen sind. Es können auch ab-

wechselnd Kautschuk mit Schwefel bzw. Kautschuk mit Ultrabeschleuniger aufgetragen werden, besonders dann, wenn die Schwefelbindung durch Autovulkanisation erzielt werden soll. Die größte Haltbarkeit wird auch bei diesen Bekleidungen erreicht, wenn die Schwefelbindung durch Erwärmen erfolgt ist.

Die wichtigste Art des Auftragens einer Kautschukschicht, die für Großaggregate und schwere Beanspruchungen allein in Frage kommt, ist das Belegen der Metallteile mit einer Kautschukmischplatte. Auch hier wird nach Art der allgemeinen Kautschukfabrikation dem Kautschukfell mechanisch der Schwefel, die Zuschläge und gegebenenfalls die Eigenschaftsträger beigemischt und das System homogen geknetet. Aus diesen Massen werden die Halbfabrikate für die Bekleidungsarbeit hergestellt. In der Hauptsache kommen Kalandrplatten zur Verarbeitung (s. Kapitel Mischwesen).

Metallvorbereitungen

Ebenso wie die Wahl des Materials unter Beachtung der chemischen und physikalischen Eigenschaften in bezug auf die wechselnde Beanspruchung getroffen wird, müssen bei der Konstruktion von Aggregaten, die mit einem Kautschukbelag versehen werden sollen, die Verschiedenheiten und Eigenarten der Metalle und der Vulkanisate berücksichtigt werden.

Die einfachsten Vorschriften sind folgende:

Die Dicke der vorgesehenen Kautschukschicht muß in Rechnung gestellt sein.

Die Kautschukvulkanisate dienen als Belag und müssen vom Metall getragen werden.

Die Verwendung von Hartgummistiften und -schrauben ist bei Metallgummierungen zu unterlassen.

Der Verschiedenheit der thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Metall und Vulkanisat muß Rechnung getragen werden, besonders bei Kühl- und Heizschlangen, beim Einpassen von Pumpenrädern und bei allen ineinandergreifenden Teilen.

Das Anbringen von Nuten, Kerben und Löchern im Metall, die manchmal zur vermeintlichen Erhöhung der Haftfestigkeit dienen sollen, sind zu vermeiden. Sie verursachen unnötige Materialanhäufung, die durch das wechselnde Schwinden, besonders bei härteren Vulkanisaten Schäden des Belages herbeiführen können.

Die Wand der Metallteile und ihre Konstruktionseinzelheiten müssen genügend stark sein, damit Ausweitungen und Vibrationen vermieden werden; zu beachten bei rotierenden oder bewegten Körpern, z. B. bei Schüttelwannen, Pumpenrädern, Waggonkesseln und dergl. Bei Zentrifugen und ähnlichen Aggregaten darf ein Flattern des Bodens und des Deckels, und bei Ventilatoren der Flügel weder beim Anlauf noch beim Auslauf eintreten, auch nicht in der Zeitperiode der kritischen Tourenzahl.

Die Konstruktion der Aggregate muß durch Teilung so ausgearbeitet werden, daß dem Arbeiter Gelegenheit gegeben ist, bei der Gummie-

rungsarbeit mit seinen Augen und Instrumenten überall hinzukommen, wenn auch mit Hilfe von Spiegeln und zweckgeformten Instrumenten.

Die Gummischicht muß luftfrei auf dem Metall aufsitzen, um eine einwandfreie Haltbarkeit zu gewährleisten.

Verbindungen durch Nieten oder Schweißen müssen gas- bzw. luftdicht erfolgen nach der mit Kautschuk zu bekleidenden Seite hin, gegebenenfalls sind dieselben nachzustemmen.

Flächen, die nach der Gummierung bearbeitet werden müssen, sollen auch im Metall bearbeitet sein.

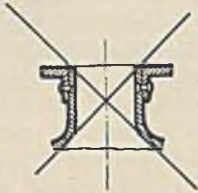


Abb. 966.

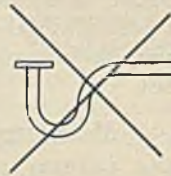
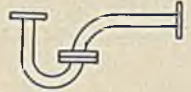


Abb. 967.



Bei allen Teilen ist darauf zu achten, daß die Innenkanten gut abgerundet und die Außenkanten gebrochen sind (Abb. 966).

Bei Rohrleitungen können im allgemeinen normale Längen gummirt werden. Die Auskleidung erstreckt sich vom Rohrrinnern bis an den äußeren Rand des Flansches oder allseitig, falls innen und außen verkleidet werden soll. Entsprechend geringerer Beanspruchung können die Rohre auch in besonders leichter Ausführung aus geschweißten Blechplatten hergestellt werden. Auch Rohrbögen und Rohransätze müssen zugänglich sein (Abb. 967).

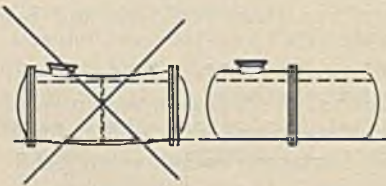


Abb. 968.

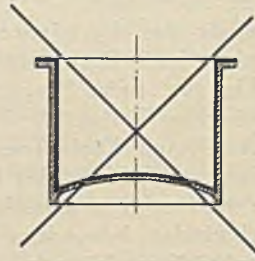


Abb. 969.

Hohlkörper, die allseitig gummirt werden sollen, müssen angebohrt sein.

Die Lagerung von Gefäßen und Aggregaten, die gummirt sind, muß zweckentsprechend sein, um Vibrationen auszuschalten, z. B. bei Rieseltürmen ist die Möglichkeit heftiger Gasstöße gegeben. Bei Kesselwagen muß auch das Gleichgewicht der Lagerung in gefülltem Zustande vorhanden sein, damit sich die Schüsse nicht durchbiegen (Abb. 968) usw.

Bei Gußteilen ist darauf zu achten, daß nicht eingezogene Ecken entstehen (Abb. 969).

Der Guß soll sachgemäß vergossen und möglichst frei von Lunkerstellen und Hohlräumen sein. Sind solche Stellen trotzdem vorhanden, so dürfen dieselben nicht verschmiert werden.

Luftenthaltende Teile sind nach außen anzubohren.

Bei großen Kesseln ist das Bodenblech stark abzurunden und die Schweißnaht danebenzusetzen (Abb. 970).

Die Anschlußstutzen sind kurz zu halten.

Bei geschlossenen, größeren Aggregaten muß entweder der Boden oder der Deckel abschraubbar sein oder es müssen normale Mannlöcher vorgesehen werden, damit das Innere für den Arbeiter zugänglich ist.

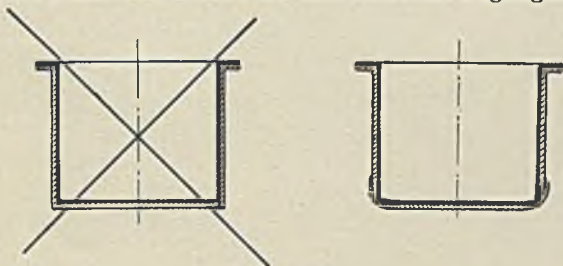


Abb. 970.

Als Schweißung hat sich am besten die autogene Schweißung bewährt, jedoch lassen sich auch elektrische Schweißungen einwandfrei gummieren, besonders wenn sie nach dem Aufsatz in der V. D. I. vom 9. Juli 1932, Nr. 28 ausgeführt sind. (Über die Festigkeitseigenschaften einer hochwertigen Lichtbogenschweißung von G. C z e r n a s t y.)

Die Vorschriften sind sinngemäß und nicht wortgemäß aufzufassen und anzuwenden.

Die Apparate können hergestellt werden aus Gußeisen, Schmiedeeisen, Stahl und Aluminium. Metalle, die Kupfer enthalten, müssen feuerverzinkt werden.

Metallreinigung

Sind neue Aggregate nach obigen Anweisungen hergestellt, so sind dieselben für eine einwandfreie Gummierung brauchbar. Handelt es sich um gebrauchte Teile, so müssen dieselben zuerst von Fett, Säuren oder Alkalien befreit werden. Diese Reinigung kann durch Ausglühen, Auskochen und Auswaschen erfolgen. Stark angefressene Teile sind zu erneuern, wenn ihre Festigkeit nicht mehr genügt.

Bevor die einwandfrei konstruierten und vorbehandelten Teile in die Gummierungswerkstatt kommen, muß die Oberfläche derselben gereinigt und geraut werden. Dies geschieht mit Stahlbürsten oder zweckentsprechender durch das Sandstrahlgebläse. Dasselbe wird im allgemeinen mit reinem Quarzsand (Gebläsekies 1 bis 2 mm) beschickt und arbeitet mit 3 Atü Luftdruck. Die Verwendung von Stahlkörnern ist nur in Ausnahmefällen angängig. Da bei letzteren mit erhöhtem Druck gearbeitet werden muß, so besteht die Gefahr, daß sich die Teile durch die Gewalt des Strahles verziehen, was bei ausgewuchteten Körpern und gerichteten Flächen unangenehme Folgen hat.

Die Räume der Gummierungswerkstatt

sollen hoch und luftig sein und gleichmäßig temperiert werden (Abb. 971).

Bei der Größe und Schwere vieler Teile müssen die Vulkanisierkessel in der Nähe der Werkstatt liegen. Es ist dafür zu sorgen, daß sich der beim Öffnen der Kessel ausströmende Dampf nicht auf die gereinigten oder vorgestrichenen Metallaggregate niederschlagen kann; es können dadurch Komplikationen entstehen. Weiter gewährleisten hohe luftige Räume eine schnelle und gleichmäßige Trocknung der Lösungsschichten.

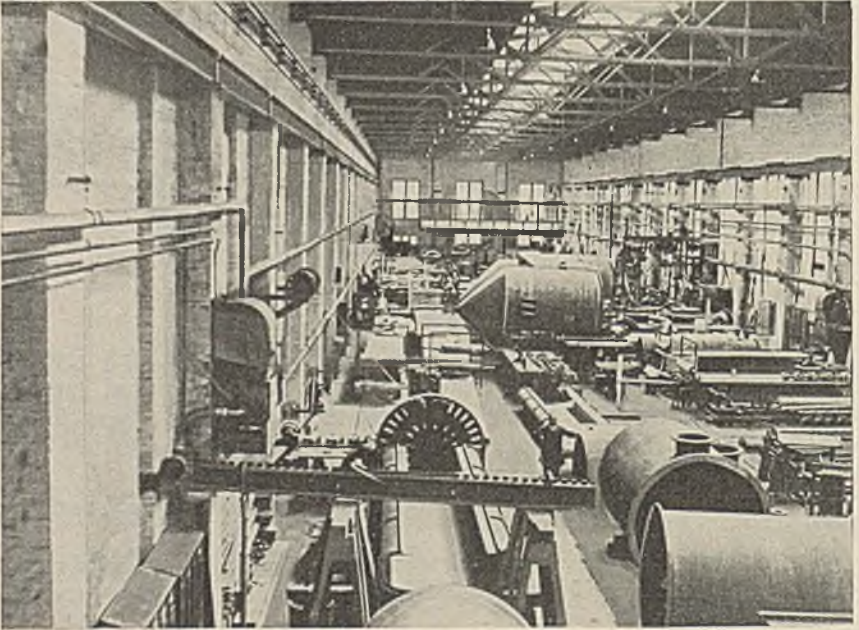


Abb. 971.

Eine gleichmäßige Temperatur verhindert Tauniederschläge auf die durch die Verdunstung der Lösungsmittel abgekühlten Metalloberflächen.

Die Räume sollen hell sein, jedoch darf die zur Verwendung gelangende Gummiplatte nur in zerstreutem Licht lagern und angebracht werden, da sonst Oxydationsvorgänge und Ausschweifung an der Oberfläche die Bindung mit dem Metall ungünstig beeinflussen können.

Weiter muß für ausreichende Transportmittel der Aggregate gesorgt sein.

Die Haftfestigkeit,

d. h. die mechanische Bindung des Kautschukbelages mit der Metalloberfläche ist sinngemäß von Bedeutung und ist vollkommen, wenn sie die Materialfestigkeiten übersteigt.

Die Bindung des Kautschukbelages mit dem Metall wird hervorgerufen durch eine Bindeschicht, die als Anstrich oder nach anderen Methoden auf die gereinigten und gerauhten Metallflächen aufgebracht wird.

Bei Weichgummi und mittelharten Vulkanisaten und bei Beanspruchungen unter 80°C können für die Bindschicht Derivate des Kautschuks in Lösung verwendet werden (s. Kapitel Derivate des Kautschuks).

Bei weichen und mittelharten, auf höhere Temperatur beanspruchten bzw. lederharten und höher geschwefelten Vulkanisaten werden als Bindschicht Kautschukmischungen in Quellung mit Benzin oder Benzol verwendet. Die gebräuchlichste Schicht besteht aus einer Mischung von 30 bis 40% Kautschuk mit etwa 7% Schwefel, den notwendigen Zuschlägen und einer Zumischung von Zinkweiß, Kreide oder Ton. In einer Lösung von 1 : 4 Benzin oder Benzol wird dieselbe mehrfach aufgetragen.

In jedem Falle ist die Bindung eine mechanische, d. h. ein Einsintern der weichen und plastischen Bindschicht in die Oberflächenrauheiten des Metalles. Diese Bindschicht muß eine genügende Eigenfestigkeit besitzen und gleichzeitig eine gute Vereinigung mit der aufgelegten Belagplatte geben.

Zu Demonstrationszwecken der festen Verbindung werden dünne Bleche z. B. korkzieherartig zusammengedreht oder dieselben werden solange geknickt, bis das Metall bricht, in beiden Fällen aber, ohne daß eine Schwächung oder ein Lösen der Bindung zwischen Metall und Kautschukbelag eintritt.

Es sind eine Reihe von Vorschlägen zur Erhöhung der Haftfestigkeit gemacht worden, mit denen aber keinerlei Verbesserungen erzielt wurden und die nur als in Einzelfällen ausgeführte Verlegenheitsmaßnahmen zu bewerten sind, z. B.

D. R. P. 223 080/1909 verwendet Zwischenlagen von Kautschuk mit eingemischten Metallsulfiden,

D. R. P. 326 541/1918 verwendet Zwischenlagen einer klebrigen, zähflüssigen balsamartigen Masse (halbpolymerisierten synthetischen Kautschuks),

D. R. P. 462 475 verwendet Zusätze von säureabspaltenden Substanzen zum Kautschuk Kitt, um durch die Säureeinwirkung auf das Metall und durch Bildung von Metallsulfiden an der Oberfläche eine festere Bindung zu erhalten.

Andere Vorschläge suchen durch Kunstharzschichten bzw. Zumischung von Kunstharzen die Bindung zwischen Metall und Kautschukbelag zu verbessern.

Metalleignung

Die Haftfestigkeit ist, wie vorher gesagt, vollkommen, wenn sie die Materialfestigkeit übersteigt. Die Bindung ist aber nicht bei allen Metallen gleich gut.

Bei Gußeisen, Schmiedeeisen, Stahl und Aluminium kann dieselbe zur oben gekennzeichneten Vollkommenheit getrieben werden. Auch kupferhaltige Metalle, die feuerverzinkt sind, zeigen gute Verbindungen.

Chromstahl, Chromnickelstahl, Chromsiliziumstahl, Monelgußeisen, Ferrosilizium, Duraluminium, Lantal geben eine gute Haftfestigkeit.

Silber und Leichtmetalle, die Magnesium enthalten, z. B. Elektron, lassen sich auf normale Weise nicht gummieren. Eine feste Verbindung

ergibt sich nur, wenn als Bindeschicht Schwefelsäurederivate des Kautschuks verwendet werden, auf die als Zwischenschicht oder auch als Vollbelag schwefelarme Weichgummimischungen aufvulkanisiert werden.

Nickel, Gold und Platin lassen sich schlecht gummieren, wenn nicht die glatte Oberfläche vorher stark geraut ist. Da es sich bei diesen Metallen meistens nur um sehr kleine Teile, z. B. Drähte oder kleine Flächen usw. handelt, so wird durch genügende Vorbereitung eine praktisch brauchbare Verbindung erreicht.

Aufbau

Die Bindelösung im Verhältnis 1 : 4 Benzin oder Benzol wird in verschiedenen Schichten aufgetragen, teilweise wird dieselbe je nach der Konstruktion vorteilhaft

auf den warmen bzw. angewärmten Metallkörper aufgebracht. Als erste Schicht wird im allgemeinen eine stärker verdünnte Lösung verwendet.

Bei Gußteilen und geschliffenen Schweißnähten, die Lunkerstellen oder Poren zeigen (Abbildung 972 u. 973), werden diese nach dem Trocknen des ersten Striches mit einer Kittmasse ausgefüllt. Diese Masse, die die Konsistenz einer Spachtelmasse durch Wechseltzugabe von Öl erhält, besteht zweckmäßig aus einer lederhart aufgeschwefelten, mit Hartgummistaub gefüllten Kautschukmischung. Nach dem Ausspachteln größerer Vertiefungen wird der zweite Lösungsstrich auf-



Abb. 972.

getragen, nach dem Trocknen der folgende usw., bis eine zweckentsprechende Dicke der Schicht erreicht ist.

Auf diese Bindeschicht wird nun der Kautschukbelag luftfrei aufgetragen. Der Aufbau dieses Belages muß auch der Beanspruchung entsprechend erfolgen. In den meisten Fällen wird unter die höher geschwefelten Vulkanisate auf die Bindeschicht eine geringer aufgeschwefelte Kautschukplatte eingelegt. Diese sogenannten Verbundbeläge können sowohl bei Weichgummi, als auch bei mittelharten und hoch geschwefelten Vulkanisaten angewendet werden, und es unterliegt der jeweiligen Be-

urteilung, die eine oder andere Kombination von weich zu hart oder hart zu weich auszuwählen.

Die Bekleidung

Zur Ausführung der Arbeit müssen glatte, nicht zu heiß gezogene Kalanderplatten verwendet werden. Die Dicke derselben soll nicht über 1,8 mm betragen, da sonst leicht Luft einschüsse vorhanden sein können. Die Kalanderplatte wird normalerweise in Einwickelstoff eingerollt. Sie darf nicht zu frisch zur Arbeit verwendet werden, soll aber auch nicht zu lange in der Werkstatt lagern. Sollen jedoch länger gelagerte Platten zur Gummierungsarbeit verwendet werden, so sollen dieselben vor der Verarbeitung über Wärmepfannen bei etwa 50 bis 60° C gezogen werden, damit sie die nötige Klebrigkeit zur Verbindung zurückerhalten.

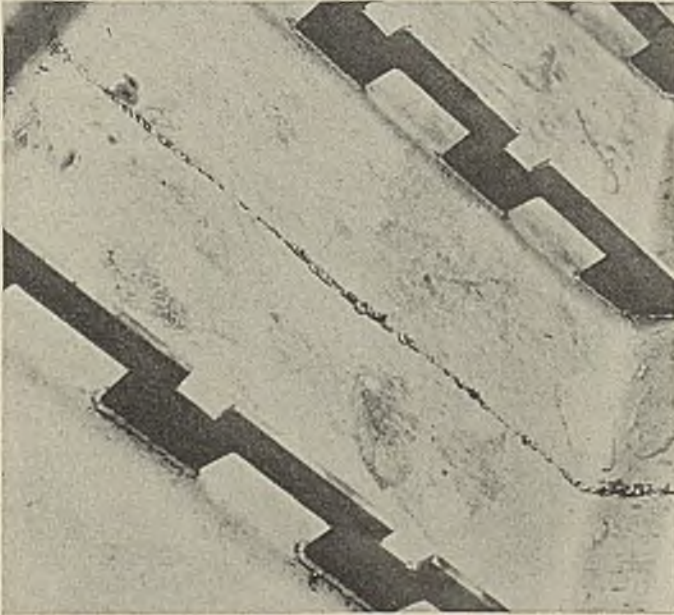


Abb. 973.

Ob die Platten im Winkel von 45 oder 90° aufeinandergelegt werden, entscheidet die Art der Metallaggregate, die belegt werden sollen.

Nachdem die Platten auf die gewünschte Dicke sinngemäß luftfrei zusammengelegt sind, werden dieselben vorsichtig an der Oberfläche gereinigt, meistens durch Abwaschen mit Reinbenzin (Siedegrenzen von 90 bis 110° C). Die gereinigte Fläche wird auf die saubere Bindeschicht aufgelegt und mit zweckgeformten Instrumenten oder mit der Hand luftfrei angestrichen.

Werden Verbundbeläge aufgebracht, so werden nicht immer auf dem Tisch zusammengelegte Platten verwendet, sondern es wird jede einzelne Schicht für sich auf den Metallkörper bzw. die ersten Platten

aufgelegt, bis die entsprechende Dicke erreicht ist. Auch hier wird die jeweilige Platte an die Metalloberfläche bzw. an die vorher aufgelegte Schicht luftfrei angedrückt. Diese Arbeiten müssen achtsam und genau vorgenommen werden; sie erfordern vom ausführenden Arbeiter lange Erfahrung in der Bearbeitung der Rohmischung und stark ausgeprägtes Verantwortungsgefühl.

Zwischen Metall und Kautschukbelag bzw. zwischen Kautschukplatte und Kautschukplatte selbst darf keine eingeschlossene Luft vorhanden sein. Jeder kann sich leicht die verheerende Wirkung von eingeschlossener Luft vorstellen bei Aggregaten, die hohen Temperaturen oder

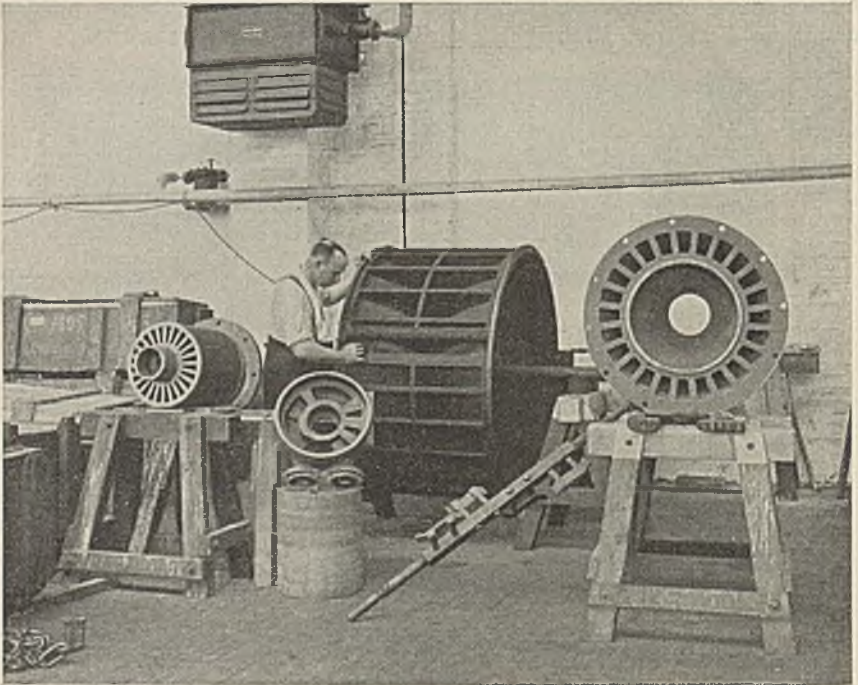


Abb. 974.

schnellen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind und womöglich noch unter Vakuum arbeiten sollen.

In der oben beschriebenen Art werden die glatten oder wenig gekrümmten Flächen belegt. Bei gelochten oder stark unterbrochenen Flächen müssen zweckentsprechend ausgeschnittene Gummitteile oder vorgeformte Profile in die Unterbrechungen der Metallteile eingelegt werden (Abb. 974).

Nähte, die zwischen den Platten entstehen, müssen durch schräg geschnittene Flächen luftfrei miteinander verbunden werden. Auch hier geschieht das Nacharbeiten durch Andrücken mit der Hand bzw. mit zweckgeformten Werkzeugen.

Auf alle Einzelheiten und alle Feinheiten der vorkommenden Arbeiten bei den verschieden gestalteten Metallteilen einzugehen, wäre zu weitführend. Nachstehend werden nur noch einzelne Spezialgebiete behandelt:

Zentrifugen

Die Bekleidung geschieht in der vorbeschriebenen Art, aber ergänzend folgt die Schilderung der Bekleidung des Zentrifugenkorbes, wie dieselbe in der Technologie des Kautschuks von D i t m a r 1915 gegeben wurde:

„Ist der Boden ausreichend mit Lösung bestrichen und gut getrocknet, so wird der Gummibelag aufgelegt. Die unvulkanisierte Gummiplatte wird nicht dicker als 2 mm auf dem Kalander so glatt als möglich ausgewalzt. Es muß besonders darauf geachtet werden, daß keine Luftblasen entstehen. Je nach dem Durchmesser der Zentrifuge wird aus der unvulkanisierten Platte der Boden aus einem oder mehreren Stücken ausgeschnitten und auf die mit Lösung bestrichene Fläche aufgelegt, mit einer Handwalze niedergerollt und mit dem Falzbein glattgestrichen, ohne Luft einzuschließen. Eingeschlossene Luft wird durch Einstiche mit einer feinen Nadel entfernt. Ist die erste Lage sauber aufgelegt und an allen Stellen gut mit dem Falzbein glattgestrichen, so kann in gleicher Weise die nächste Lage aufgelegt werden. Soll der Boden dicker als 4 mm sein, so wiederholt sich dieser Vorgang, bis die gewünschte Dicke erreicht ist.

Jetzt folgt die Bearbeitung des gelochten Mantels. In der Regel werden die Ausflußöffnungen 3, seltener 4 mm groß verlangt. Wenn der Belag durchweg 4 mm dick sein soll, wird die Bohrung im Eisenkörper 12 mm Durchmesser haben. Um diese Bohrungen genau zentrisch zu bekleiden, werden auf der Schlauchmaschine Röhrchen gespritzt, 12 mm äußerer Durchmesser und 2 mm Bohrung. Diese Röhrchen werden in kleine Stückchen geteilt, die etwas länger als die Wandstärke des Zentrifugenmantels sind. Jede Bohrung im Zentrifugenmantel wird mit einem solchen Röhrchen ausgefüllt. Um diese Röhrchen, die stramm in die Bohrungen des Mantels passen müssen, gut einbringen zu können, werden sie vor dem Einführen in Paralösung getaucht, wodurch sie auch an dem Eisen festhaften. Sind alle Bohrungen ausgefüllt, so wird der innere Belag fortgesetzt. Beim Einführen der Röhrchen muß darauf geachtet werden, daß sie nicht über die innere Fläche des Eisenmantels vorstehen. Wo es der Fall ist, müssen die Röhrchen gleichgeschnitten werden.

Nachdem die Innenseite auch mit Gummilösung in beschriebener Weise bedeckt wurde, kann der innere Belag aufgelegt werden. Der Vorgang ist derselbe wie beim Boden beschrieben. Ist der Belag festgerollt und glattgestrichen, so werden die Bohrungen in den Röhrchen nach innen fortgesetzt, indem man in der Verlängerung der Bohrung in den Röhrchen den inneren Belag mit einer Nadel durchsticht. Hierbei muß man sehr vorsichtig sein und innen gut entgegenhalten, damit beim Durchstechen der Belag nicht abgehoben wird. Sind alle Löcher nach innen durchgestochen, dann werden mit größter Vorsicht die Röhrchen

mit der Außenfläche des Eisenmantels gleichgeschnitten. Hierauf folgt an der Außenfläche derselbe Vorgang wie an der Innenfläche. Selbstverständlich wurde vor dem Belegen mit Platte die ganze Fläche mit Gummilösung bestrichen. Nachdem die Außenfläche mit Gummiplatte belegt ist, werden die bereits nach innen durchgestochenen Löcher mit einer feinen Nadel auch nach außen durch den äußeren Belag durchgestochen.

In gleicher Weise wird der obere glatte Teil der Trommel belegt."

Auch heute noch werden die Zentrifugenmäntel im wesentlichen in der gleichen Art mit Kautschukvulkanisaten belegt. Kleine Abänderungen des Verfahrens sind auf Eigenarten der verschiedenen Betriebe zurückzuführen.

Als Ergänzung kann noch beigefügt werden, daß seit dem Jahre 1915 sich die Umfangsgeschwindigkeit der Zentrifugen bedeutend erhöht hat und teilweise eine solche von 90 m übersteigt.

Durch die Erhöhung der Geschwindigkeit wurde die Konstruktion geändert, so daß der Mantel von Teilen des Bodens und Deckels überlappt wird. Da die Zentrifuge allseitig umkleidet wird, so ist die zwischen der Überlappung sitzende Luft für die Gummierung schädlich und muß abgeführt werden. Dies geschieht durch eingelegte Fäden, die durch absichtlich offengelassene Löcher in der äußeren Gummibekleidung herausragen. Nach der Vorvulkanisation werden die Fäden von der heißen Zentrifuge abgeschnitten und die Löcher mit dem Belagmaterial verkleidet. Auf diese Weise ist die Luft, die ein Abheben des Belages hervorrufen konnte, unschädlich gemacht worden.

Rohrleitungen

Die Bekleidung dieser Leitungen geschieht in der mehrfach beschriebenen Weise, wenn es sich um Größen handelt, die von einem Menschen befahren werden können. Rohrleitungen von kleineren inneren Durchmessern werden auf andere Art bekleidet, die die Technologie des Kautschuks von D i t m a r 1915 folgendermaßen beschreibt:

„Bei kleineren Rohren wird Lösung in das Rohr gegossen und durch entsprechende Rundbürsten verstrichen. Dieser Vorgang erfolgt so oft, bis die Lösung gut deckt. Den Belag für Rohre bis zirka $2\frac{1}{2}$ " Durchmesser wird man auf der Spritzmaschine herstellen, indem man einen Schlauch von entsprechender Wandstärke spritzt. Dieser Schlauch wird in das Rohr eingezogen.

(Hierzu streicht man ihn mit Lösung ein, damit er schlüpfrig ist und führt ihn rasch ein, bevor die Lösung eintrocknet.)

Um den in Form eines Schlauches eingeführten Belag gegen die Rohrwand zu drücken, wird ein birnförmiger Körper, der etwas größer ist als der innere Durchmesser des unvulkanisierten Gummischlauches, eingeführt und durchgezogen. Dieser Körper wird mit Schmierseife eingestrichen, damit er leicht gleitet und den Gummi nicht beschädigt."

Die neueren Methoden entsprechen im allgemeinen der oben beschriebenen. Teilweise wird das Andrücken des eingezogenen Rohrschlauches durch zweckgeformte Rollen vorgenommen, wieder nach anderen Ver-

fahren wird der eingezogene Schlauch durch Vakuum an die Eisenwand angesogen oder durch Druck an die Eisenwandungen angepreßt. Auch hier richtet sich die Arbeitsweise nach Eigenart der betreffenden Betriebe und nach der Ausbildung der Arbeiter (Abb. 975).

Anschließend sind zu erwähnen:

Patentanmeldung M 108 120 XII/39a:

Dieselbe betrifft ein Verfahren zum Auskleiden von Hohlkörpern, insbesondere mit Hartgummi, durch Aufblasen einer eingebrachten vorgeformten Gummihülse.

Patentanmeldung V 26 391/39a:

Diese betrifft ein Verfahren zum Auskleiden der Eisenfläche von Hohlkörpern, insbesondere Metallrohren, dadurch gekennzeichnet, daß man mit Hilfe der Fliehkraft die Wandungen mit einem Überzug versieht und die Verdampfung des Lösungsmittels durch einen Luftstrom beschleunigt.

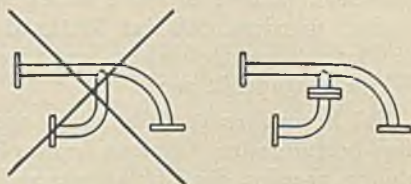


Abb. 975.

Patentanmeldung T 251/30/39a:

Verfahren zur Innenbekleidung oder zur Innen- und Außenbekleidung von Metallröhren mit plastischen Massen; dadurch gekennzeichnet, daß die perforierten Rohre durch eine Schlauchpresse hindurchbewegt werden, wodurch das Rohr innen und außen mit einer Kautschukschicht bedeckt werden soll.

Gebrauchsmuster 1 230 364/39a:

Behandelt die Bekleidung von Hohlkörpern, insbesondere von Röhren, mit Kautschuk durch Anlegen des Belages mittels Flüssigkeitsdruck.

Die vorstehenden Verfahren gehen von einer Massenfabrikation gleichgeformter Rohre aus, und die Ausführungen würden für den im allgemeinen in der Industrie auftretenden Bedarf an Einzelleitungen zu teuer werden.

Da es sich bei mit Gummi bekleideten Rohren meistens um Flanschenrohre handelt, so sind nach dem luftfreien Einziehen des Rohschlauches die Flanschen mit entsprechenden Gummipplatten zu belegen, die Löcher auszuschneiden und die Verbindung in bereits beschriebener Art durch schräggeschnittene Flächen mit der Rohrrinnenbekleidung vorzunehmen.

Die Bekleidung von Ventilen, von Hähnen mit Küken, von Ventilatoren und Pumpenrädern und anderen besonders geformten Aggregaten geschieht in derselben Art wie vorbeschrieben. Ist eine Änderung der Arbeitsweise durch die Form der Metallteile bedingt, so bleibt sie sinngemäß obigen Ausführungen treu.

Die Vorprüfung

Nach Fertigstellung des Rohbelages werden die Stücke nochmals genau durchgesehen und einer ersten Prüfung durch Funkeninduktoren unterzogen. Eventuell eintretende Durchschläge sind auszubessern, und die bekleideten Aggregate sind zur Vulkanisation vorbereitet.

Die Vulkanisation

Die Vulkanisation von Aggregaten, die durch Tauchen mit Gummilösung oder durch Aufspachteln von Kautschukquellungen bekleidet sind, muß in heißer Luft vorgenommen werden.

Aggregate, die mit Kautschukplatten belegt sind, werden heute im allgemeinen frei im Dampfkessel vulkanisiert.

In Ausnahmefällen, wenn glatte Eisenteile mit glatter oder gemusterter Oberfläche versehen werden sollen oder bei Anoden und ähnlichen Körpern, werden dieselben zwischen Preßplatten bzw. in Formen vulkanisiert. In diesem Falle ist es notwendig, daß die Rohplatten so gestaffelt werden, daß das Material zum Fließen kommt, damit Luft einschüsse herausgetrieben und die Musterung in scharf ausgeprägter Weise eingepreßt wird.

Bei besonders großen, innen ausgekleideten Hohlkörpern, für die in den betreffenden Werken Vulkanisierkessel nicht mehr zur Verfügung stehen, werden die Hohlkörper selbst als Vulkanisierkessel benutzt. Dieselben werden entweder mit inerten heißen Gasen oder mit Dampf vulkanisiert, wobei darauf gesehen werden muß, daß die Abführung der entstehenden Dämpfe und des Kondenswassers gleichmäßig und schnell erfolgt. Letztere Verfahren behandeln u. a. das ungarische Patent 63 470 und die D. R. P. 381 937, 412 448 und 413 266.

Die Stabilisierung des Kautschukschwefelsystems wird in der Hauptsache in Druckkesseln ausgeführt. Diese Druckkessel (Vulkanisierkessel) müssen genügend groß sein, damit die Aggregate in richtiger Weise gelagert werden können, d. h. daß keine Verletzungen der Beläge eintreten können und sich bildende Kondensniederschläge abfließen.

Als Wärmeüberträger sind in der Technik meistens Luft oder Dampf verwendet. Es ist vorgeschlagen worden, die Verwendung von inerten Gasen, z. B. von Stickstoff, denen gegebenenfalls Ammoniakgas oder Schwefeldämpfe zugesetzt werden, ferner heißes Wasser mit oder ohne Vulkacitzugabe.

Unabhängig von der Art des Wärmeüberträgers sind die Zuleitungen zum Vulkanisierkessel so zu führen, daß die Wärme immer gleichmäßig verteilt abgegeben werden kann. Es dürfen keine stagnierenden Stellen vorhanden sein, also keine Luft- oder Dampfblöcher. Es gilt als Regel, daß die Wärmeübertragung nur durch eine gleichmäßige Zirkulation eine ordnungsmäßige einheitliche Vulkanisation gewährleistet.

Über die Temperaturhöhe und über die Zeit der Vulkanisation können genaue Angaben nicht gemacht werden. Darüber entscheiden in der Hauptsache die Dicke des Belages und die verlangte Aufschwefelung des Kautschuks. Außerdem ist Rücksicht zu nehmen auf die Dicke und Form der Metallteile.

Meistens wird bei Temperaturen zwischen 100 und 140° C vulkanisiert, und die Gesamtzeit kann zwischen 15 Minuten und 12 Stunden schwanken, kann aber unter Umständen 24 Stunden weit übersteigen.

Auch bei Teilen, die nur durch Autovulkanisation vulkanisiert werden sollen, ist es anzuraten, dieselben wenigstens kurze Zeit einer Tempe-

ratur von etwa 100° C auszusetzen, damit die Bindung mit dem Metall einwandfrei erreicht wird, denn nur durch das Sintern des Belages wird eine hochwertige Haftung erzielt.

Die Prüfung

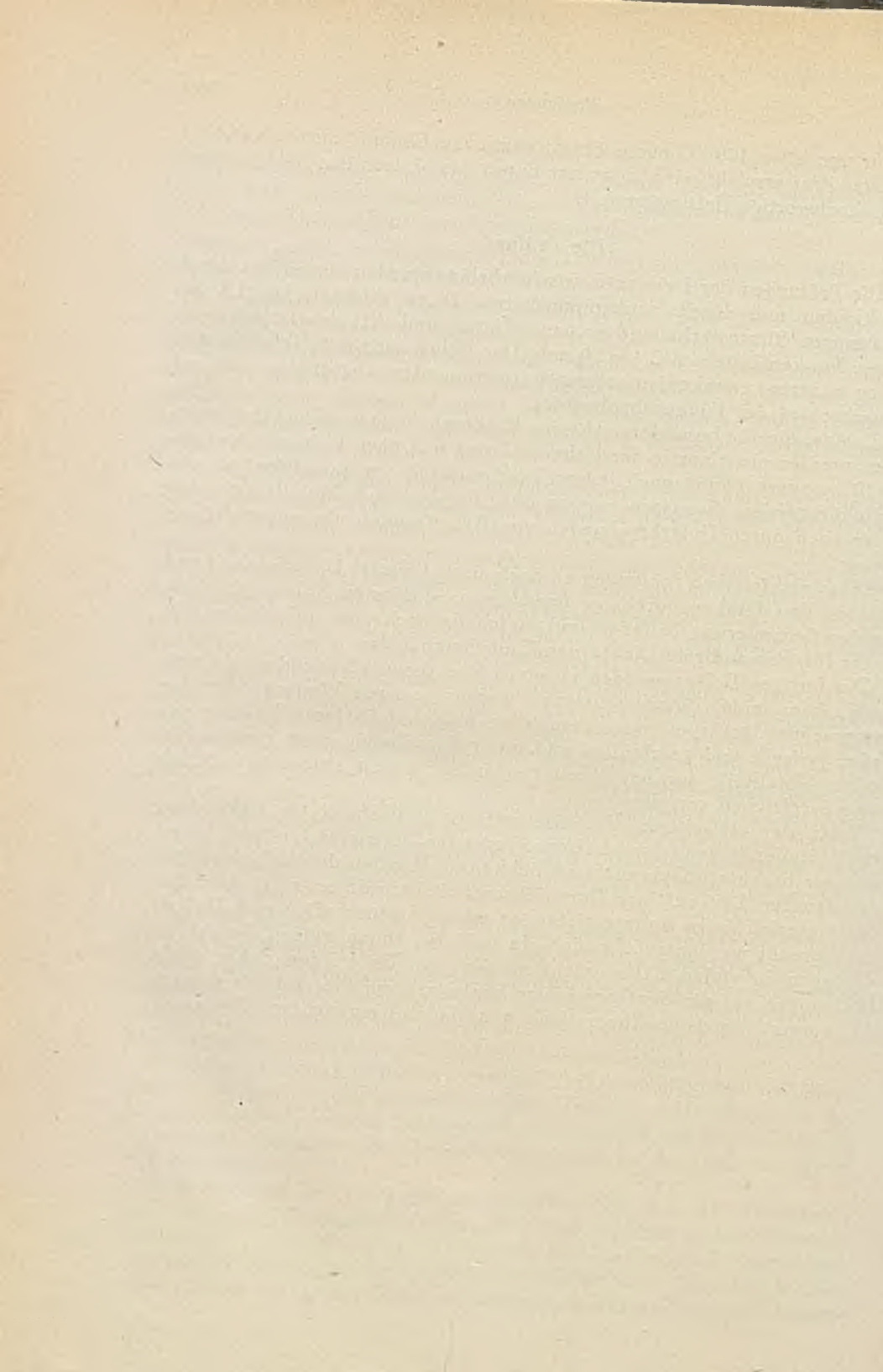
Die Prüfungen der fertigen Kautschukbeläge werden ausgeführt durch Abklopfen und durch Funkeninduktoren. Diese arbeiten bei 1,5 bis 2 Ampere Stromstärke und je nach Stärke und Art des Belages mit einer Funkenlänge von 3 bis 30 mm. Der Belag wird mit Metallbürsten oder anderen zweckentsprechenden Instrumenten abgegriffen und auf Durchschlag der Funken beobachtet.

Beläge, die für besonders schwere Beanspruchungen vorgesehen werden, werden nicht nur in der Rohausführung und nach Fertigstellung geprüft, sondern häufig nach jeder Unterbrechung der Vulkanisation, die sich für gewisse Beanspruchungen oder bei gewissen Metallaggregaten oder auch durch Unterbrechungen von Arbeitszeiten als notwendig ergeben.

Diese elektrischen Prüfungen entdecken die kleinste Undichtigkeit und treiben den Funken durch die unsichtbaren kleinsten Kanäle, die sich in der Gummierung befinden und bieten dadurch eine unbedingte Gewähr für einwandfreie Dichte des Kautschukbelages.

Die fertigen Beläge werden meistens erst verputzt, nachdem sie ausvulkanisiert sind. Einzelne Flächen werden je nach Wunsch oder Beanspruchung geraspelt oder geschliffen bzw. bei härteren Belägen gefräst, gedreht und geschliffen, und unter Umständen sogar poliert. Die freien Metallteile werden gefettet oder mit einem sauberen Anstrich oder dergleichen versehen.

Trotz der vielseitigen Verwendung des Kautschuks für Bekleidung von Metallen liegen in seinen hervorragenden Eigenschaften noch bisher weniger beachtete Gebrauchsmöglichkeiten. Werden die Anforderungen der neueren Zeit auf ihre Durchführbarkeit geprüft, so zeigt sich, daß das Material bis zu Spitzenleistungen seiner Eigenschaften und darüber beansprucht werden soll, so daß ein weiteres Hinauftreiben der Anforderungen in vielen Fällen nicht möglich ist. Es werden daher große Hoffnungen auf die Synthese neuer kautschukähnlicher Körper gesetzt, die, vorerst wenigstens theoretisch, neue Zukunftsaussichten offenlassen.



KAUTSCHUK IN REIBUNGSELEMENTEN¹

VON JAMES DRISCOLL, CHEFCHEMIKER DER FRICTION MATERIALS AND PACKING DIVISION RESEARCH LABORATORY DER JOHNS MANVILLE CORP. MANVILLE, N. Y. USA.

1. Einleitung

Bremsbeläge, wie sie an Automobilen sowie im Fabrikbetrieb Anwendung finden, bestehen in der Hauptsache zumeist aus anorganischen, hitzebeständigen Elementen mit veränderlicher Teilchen- oder Faserstruktur, die durch ein organisches Harz oder ein gehärtetes Öl verkittet sind, und die durch Hitze und Druck in die jeweils gewünschte Form gebracht werden. Die zumeist angewandten Bindemittel bestehen aus trocknenden Ölen, wie chinesischem Holzöl oder Leinöl, bituminösen Stoffen, wie Asphalten, Steinkohlenteeren oder Pechen, natürlichen und synthetischen Harzen sowie aus Kautschuk in Form mastizierter Mischung oder in Lösung, und in allerneuester Zeit aus Latex und künstlichen wäßrigen Kautschukdispersionen. Forschungslaboratorien beachten in letzter Zeit auch die Anwendung anorganischer Bindemittel, wie Portland- und hydraulische Zemente sowie Natronwasserglas, doch befinden sich diese Arbeiten mit ein oder zwei besonderen Zwecken dienenden Ausnahmen noch im Entwicklungsstadium.

Mit Ausnahme des Kautschuks werden die organischen Bindemittel fast ausschließlich dazu verwandt, Asbestfäden, die in die erwünschte Dicke in Form einer sogenannten »Leiste« gewoben sind oder bei Vorliegen kürzerer Fasern in die Form einer Asbestpappe gebracht wurden, zu binden. Das Verfahren besteht darin, daß man die getrockneten »Leisten« oder Pappen in das flüssige Bindemittel bis zur völligen Imprägnierung taucht und dann bis zur völligen Erhärtung einer Hitzebehandlung unterwirft. Dieses Verfahren stellt eine außerordentlich bequeme Herstellungsart dar, das ein Produkt ergibt, das für manche Arten von Bremsarbeit im allgemeinen zufriedenstellend ist. Die Eigenart dieser Bindemittel gestattet jedoch nicht immer die erwünschte Bewegungsfreiheit in der Abänderung der Charakteristika, wie sie von modernen Bremsen an Fahrzeugen hoher Geschwindigkeit gefordert werden. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, haben die Fabriken Kautschuk in seinen verschiedenen physikalischen Zuständen als für eine fortschrittliche Entwicklung am geeignetsten gefunden.

Vulkanisierter Weichgummi, aus Kautschuk und Schwefel bestehend, weist Eigenschaften auf, die ihn für einen Bremsbelag besonders befähigt machen. Er ist sehr widerstandsfähig, abriebbeständig und weist bei normalen Temperaturen einen hohen Reibungskoeffizienten auf. Bei hohen Temperaturen (150 bis 310° C), wie sie im Betrieb leicht auftreten, gehen aber sämtliche dieser wünschenswerten Eigenschaften verloren, der Kautschuk wird weich, ist leicht abreibbar und verliert den großen Teil seiner Friktion durch den Schmiereffekt, den das Schmelzen zu einer

¹ Übersetzt von E. A. Hauser

Flüssigkeit verursacht. Diese Erscheinungen lassen sich aber bei richtiger Auswahl der Mischungen zum größten Teil überbrücken.

Für einen, der in der Entwicklung und Herstellung gummierter Bremsbeläge nicht aktiv tätig ist, ist es nicht leicht, einzusehen, wie Kautschuk als Bindemittel angewandt werden kann, um den hohen Temperaturen und dem Abrieb, denen er als Bremsbelag in einer Automobilmotorenbremse ausgesetzt ist, standzuhalten. Wie von denen, die in der Kautschuktechnologie bewandert sind, wohl vermutet wird, steigt der Widerstand des Kautschuks gegen Temperaturerhöhung in dem Maße, als er sich durch die Vulkanisation dem Zustand des Hartgummis nähert. Weichgummimischungen weisen auch nach der Vulkanisation ausgesprochen thermoplastische Eigenschaften auf, da sie bei Erhitzung auf Temperaturen von erheblich über 285° C sich in eine klebrige flüssige Masse verwandeln, die auch bei normalen Temperaturen beständig ist. Hartgummi oder Ebonit wird hingegen Temperaturen bis zu 400° C aushalten, bevor er durch Schmelzen in einen flüssigen Zustand übergeht. In Anbetracht dieses höheren Temperaturwiderstandes von Hartgummi wird diese Art des Kautschuks als Grundlage für Bremsen angewandt, die hohen Temperaturen im Betrieb ausgesetzt sind.

Es wurde ferner festgestellt, daß die Beimischung von Füllstoffen und insbesondere solcher, die als Trockner oder Versteifer auf den Kautschuk einwirken, wie z. B. gelöschter Kalk, Magnesia, Bleiglätte, einige Tonarten, Gasruß, Talkum, Asbestine und Asbest, die Widerstandsfähigkeit des Kautschuks gegenüber der Erweichung unter Hitze weiter steigern. Im besonderen gilt dies für die oben erwähnten Substanzen, die gleichzeitig als Vulkanisationsbeschleuniger wirken, wie gelöschter Kalk, Magnesia und Bleiglätte.

Kautschuk, der ganz oder teilweise mit diesen Substanzen gemischt ist und zwecks Erzielung von Hartgummi ungefähr 50% Schwefel enthält, bildet praktisch die Grundlage aller Kautschukbremsbelagmischungen, die heute für starke Beanspruchung Anwendung finden.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß die Grundmischung dieser Typen erhebliche technische Schwierigkeiten insbesondere dort aufweist, wo die Temperatur ein entscheidender Faktor ist. Dies gilt vornehmlich für die Operationen, bei denen die Mischung auf ein Gewebe auffriktioniert wird oder als Deckschicht dient. Um diesen Bedingungen gerecht zu werden, ist es erforderlich, Erweicher in verhältnismäßig großen Mengen zuzusetzen, so daß die steife Mischung soweit erweicht, daß sie ohne Anwendung besonderer Temperaturen verarbeitbar ist. Sonst bestünde die Gefahr des Anbrennens auf den Mischwalzen und am Kalandertisch, außerdem würde die erforderliche Klebrigkeit der Oberfläche nicht ausreichen, um eine gute Verbindung mit dem Gewebe bzw. beim Falten desselben zwischen den einzelnen Lagen herzustellen.

Es gibt eine große Anzahl erweichend wirkender Substanzen, wie rohe oder gekochte Pflanzenöle, Harzöle, Pine Tar, Cumaronharz, kondensierte Harze, Asphalt und bituminöse Substanzen, Petroleum, Mineralöl, Stearinsäure usw. Sie werden nicht nur wegen ihrer erweichenden Eigenschaft auf die Mischung während ihrer Verarbeitung aus-

gewählt, sondern auch wegen ihres Einflusses auf den Friktionskoeffizienten und den Abriebwiderstand im fertigen Belag. Die bis jetzt besprochenen Mischtypen sind lediglich als Grundlagen aufzufassen und erfordern die Zugabe anderer Materialien zum Zwecke besonderer Beeinflussung des Reibungskoeffizienten, Abriebwiderstandes, Widerstand gegen hohe Temperaturen und der Verringerung der Trommelaufrauung durch den fertigen Belag. Auch diese Zusätze stellen eine große Zahl verschiedenster Materialien dar, die in der Regel so ausgewählt werden, daß sie den spezifischen Erfordernissen, denen der Belag jeweils entsprechen soll, angepaßt sind. Ihre Auswahl hat vor allem in den letzten Jahren umfassende Forschungsarbeit und Studium von seiten des Fabrikanten erfordert, da die rasch zunehmende stärkere Beanspruchung der Bremsen an modernen Automobilen den fortschrittlichen Fabrikanten dazu veranlaßt hat, in der Ausarbeitung zufriedenstellender Mischungen, die den gestellten Anforderungen entsprechen können, an die äußersten Grenzen des Möglichen zu gehen.

In manchen marktgängigen Typen von Belägen, die allgemeiner Anwendung dienen, werden vielfach Zusätze von Zinkoxyd und Bariumsulfat gemacht. Dies gilt insbesondere für Mischungen, die gelöschten Kalk oder Magnesia enthalten. In anderen Belägen, die besonderen Bedingungen entsprechen sollen, wie z. B. dem Widerstand gegen Aufrauung durch die Trommel, werden Substanzen wie pulverisierte Metalle, und zwar Zink, Blei, Aluminium und Zinn angewandt. Mitunter wird Eisenoxyd und andere stärker abreibende Substanzen entweder in Form von Kristallen oder feinem Pulver eingemischt, um den Reibungskoeffizienten zu erhöhen. Es ist allgemein üblich, merkliche Mengen von Graphit in Form von Schuppen oder als Pulver, Glimmer sowie hochsiedende Öle anzuwenden, um in der Abänderung des Friktionskoeffizienten behilflich zu sein und um den Widerstand gegen Trommelaufrauung zu erhöhen. Mit einer Anzahl von Substanzen, die sich durch Kautschuk fest verbinden lassen, und über die der Mischmeister hinreichende Daten zur Verfügung hat, um ihre Eigenschaften genau für sich oder in Verbindung mit Kautschuk zum Bremsbelag zu kennen, lassen sich die erwünschten Erfordernisse in den meisten Fällen mit einem bemerkenswerten Grad von Erfolg verarbeiten.

Einer der vornehmlich bei der Zusammenstellung einer Bremsbelagmischung für den modernen Betrieb mit hoher Geschwindigkeit zu berücksichtigender Faktor, ist die Menge anzuwendenden Rohkautschuks. Im allgemeinen kann man sagen, daß der Widerstand gegen den Temperatureinfluß um so größer ist, je geringer der Gehalt an Kautschuk ist. Um diese Eigenschaften zu erzielen, findet man heute Typen in Verwendung, die einen Kautschukgehalt der Mischung von nur 10% aufweisen; in einzelnen Fällen sind sogar nur 7% festgestellt worden. Obwohl ein derartig niedriger Kautschukgehalt einen extremen Widerstand gegen hohe Temperaturen ermöglicht, besteht die Gefahr, daß der Widerstand gegen Abrieb entsprechend niedrig ist, da die Neigung zum »Stauben« und mangels Bindemittels zur raschen Zerstörung vorliegt.

Wird hingegen der Kautschukgehalt merklich über 15% gesteigert, ergibt sich ein geringerer Temperaturwiderstand, höherer Abriebwiderstand, aber der Belag neigt bei starker Beanspruchung zu übermäßigem »Quellen«, ja mitunter sogar »Ausbluten« und Überziehen der Trommeloberflächen. Ferner sinkt der Reibungskoeffizient bei steigender Temperatur durch die Schmierwirkung des geschmolzenen Kautschuks. Dies alles sind Eigenschaften, die an Innenbackenbremsen nicht erwünscht sind.

Wenn auch der Widerstand des Kautschuks gegen den zerstörenden Einfluß der Hitze durch die Art der Mischung bedeutend gesteigert werden kann, so wird unangenehmerweise die Grundmischung bei steigender Temperatur merklich weicher, sie wird plastisch und verliert ihre normalen Zugfestigkeiten bis zu einem solchen Ausmaß, daß die Struktur zum Zwecke praktischer Anwendbarkeit mit Substanzen größerer Hitzebeständigkeit und Stärke gestützt werden muß. Um diesen Zweck zu erreichen, hat sich die Anwendung von Asbestfasern, einem Magnesiumsilikat der Chrysotilart, besonders bewährt, so daß heute seine Anwendung in den verschiedensten Formen mit Kautschukmischungen für die Erzeugung gummierter Bremsbeläge nahezu allgemein ist.

Durch Zusatz von losen Asbestfasern zu einer Kautschukmischung auf dem Walzwerk wird die Mischung außerordentlich steif und gleichzeitig entwickelt sich große Hitze, die auf der Reibung des Kautschuks an der Faseroberfläche beruht. Aus diesem Grunde kann man dieses Verfahren nicht verallgemeinern, da die Mischungen rasch anbrennen, sofern sie nicht stark erweicht sind, und außerdem sind sie für die weitere Verarbeitung zu steif. Während normalerweise nur 20% Faser auf der Walze dem Kautschuk zugesetzt werden können, lassen sich in stark erweichtem Rohkautschuk bis zu 50% einmischen.

Bei der Herstellung gefalteter und gepreßter Bremsbeläge wird die Asbestfaser mit der Kautschukmischung in der Form eines locker gewobenen Tuches vorgenommen, dessen Fäden eine Messingdrahteinlage aufweisen. Die Kautschukmischung wird auf das Gewebe im Kalanderauffrktioniert. In diesem Verfahren wird die Schwächung der Mischung in heißem Zustand durch den hitzebeständigen Asbestfaden kompensiert. Derselbe ist aus mehreren Zwirnen gedreht und weist eine Messingdrahteinlage auf. Er stellt die Grundstruktur des Belages dar und ergibt hinreichende Stärke, um ein Abreißen von den Nieten zu verhindern, die den Belag an der Bremsbacke festhalten. Bei dieser Konstruktion bedeckt die Mischung nicht nur die Oberfläche des Tuches, sondern dringt auch durch seine Struktur, so daß die Gewebelagen gewissermaßen mit Kautschuknieten fest miteinander verbunden werden. Des weiteren erfolgt hier keine Verteilung der Fasern in der Mischung, beide Bestandteile liegen für sich vor, und man erzielt einen hohen Grad an Widerstandsfähigkeit in der Struktur, die frei von der übermäßigen Zunahme an Steifheit und Härte ist, die erhalten wird, wenn man Asbestfasern als solche innig in der Mischung verarbeitet.

Aus den vorgehenden Erörterungen ist klar zu entnehmen, daß die Anwendung von Kautschuk bei Bremsbelägen erfordert, daß der Vulkanisa-

tionsgrad praktisch dem von Hartgummi mit hohem Schwefelgehalt entsprechen muß. Ebenso daß trocknende und erweichende Zusätze erforderlich sind und daß der Gehalt an Kautschuk etwa 15% betragen soll. Außer dieser Grundregel sollen noch verschiedene Zusätze gemacht werden, die je nach den im Betrieb geforderten Eigenschaften auszuwählen sind. Schließlich soll diese Mischung mit Asbestfasern in verbobener oder loser Form verbunden sein.

Vom Standpunkt der leichteren Verarbeitung, insbesondere zwecks Überbrückung der Schwierigkeiten, die die Anwendung von Hitze bei der Verarbeitung der zähen und hochgefüllten Typen mit sich bringt und zwecks Ausschaltung der Notwendigkeit, Erweicher anzuwenden, sind weitläufige und sehr zufriedenstellende Entwicklungen von Produkten zu verzeichnen, bei denen die Kautschukmischung zu der Asbestfaser in Form einer Benzinlösung zugesetzt wurde.

Obwohl diese Lösungen auch mitunter bei der Verarbeitung von mit Messingdraht durchsetzten Asbestgeweben Anwendung fanden, lag ihre Hauptanwendung in der Imprägnierung loser Asbestfasern. Zu diesem Zweck wird gut aufgeschlossene Faser in eine dünne Benzinlösung geblasen, und darin solange gerührt, bis sie völlig durchtränkt ist. Nach Verdampfen des Lösungsmittels wird die Masse zu Platten ausgezogen und geformt (siehe weiter unten). Man erhält eine dichte, einigermaßen homogene Struktur. Nach diesem Verfahren kann man ohne übermäßige Hitzeentwicklung einen Gehalt an Asbestfaser von 75% erreichen.

In den letzten Jahren hat Kautschuk in der Form von natürlichem Latex in hohem Maße die Aufmerksamkeit der Bremsbelagentwicklungs-Laboratorien auf sich gelenkt. Insbesondere gilt dies für konzentrierte Latices, wie z. B. »Revertex«. Der Kautschuk, der in einem wäßrigen Medium in Form kleinster Teilchen suspendiert ist und die Anwendung der verschiedensten Verdünnungen und Konzentrationen gestattet, schien unbegrenzte Möglichkeiten für die Imprägnierung von Asbestfasern zu eröffnen. Dennoch waren die erzielten Ergebnisse für lange Zeit sehr enttäuschend. Es wurde festgestellt, daß auf Grund des Unterschiedes in der elektrischen Ladung der Asbestfaser und der suspendierten Kautschukteilchen nahezu spontane Koagulation erfolgte, wodurch die Fasern zu festen Massen zusammenklumpten, so daß eine weitere Verarbeitung ausgeschlossen war. Dieser Nachteil wurde schließlich dadurch überwunden, daß die Faser vorher einer entsprechenden Behandlung unterworfen wurde oder indem man sehr starke Verdünnungen beider Suspensionen anwandte. Des weiteren wurde festgestellt, daß man zur Erzielung einer hinreichend starken Bindung einen größeren Prozentsatz Kautschuk anwenden muß als bei Verarbeitung von Kautschukmischungen oder aus ihnen hergestellten Lösungen.

Bei dem Versuch, dieses unerwartete Ergebnis zu erklären, vertraten manche die Auffassung, daß der hohe Dispersitätsgrad der kleinen Kautschukteilchen in der Fasermasse die Kautschukbindung so aufteilte, daß die Stärke derselben in Vergleich zu einem mit Lösungsmittel angequollenen Kautschuk, der auf der Faser in mehr aggregierter Form niedergeschlagen war, stark reduziert wird. Andere wieder vertraten die

Theorie, daß die auf der Oberfläche der Kautschukteilchen vorhandene Schutzkolloidschicht eine geringere Haftung bedingt und mangels Klebrigkeit bei der Koagulation die Ausbildung eines kontinuierlichen Filmes erschwerete. Andere wieder vertraten den Standpunkt, daß eine maximale Binfestigkeit nicht erzielbar ist, insolange der Latex vor seiner Niederschlagung auf die Faser nicht mit versteifenden und hitzebeständigen Zusätzen vermischt wird. Im allgemeinen vertritt man aber heute die Auffassung, daß die Anwendung von Latex als Bindemittel für Asbestfasern ein sehr vielversprechendes Gebiet der Forschung darstellt, und lediglich von der Entwicklung einer geeigneten Technik abhängt. Es ist auch die Feststellung von Interesse, daß trotz der vielen bisher aufgetauchten Schwierigkeiten die fabrikatorische Herstellung von »Latex gebundenen« Bremsbelägen zur Tatsache geworden ist und in der Ausrüstung sowie in der Reparaturwerkstatt heute bereits ein Standardprodukt darstellt.

Es ist natürlich logisch, daß gleichzeitig mit der Entwicklungsarbeit über die Anwendung von Kautschuklatex auch Versuche über die Anwendungsmöglichkeit wäßriger Dispersionen von Kautschukmischungen, im allgemeinen als »dispersierter Kautschuk« oder »künstlicher Latex« bekannt, als Bremsbelagbindemittel vorgenommen werden sollen. Die völlige Verteilung der Füllstoffe im Kautschuk vor der Dispergierung hat dieses Verfahren besonders reizvoll gestaltet, da hierdurch die Unannehmlichkeiten und Kosten einer besonderen Vorbehandlung der Füllstoffe, wie es bei der Mischung mit natürlichem Latex notwendig ist, ausgeschaltet werden können. Es wurde ferner festgestellt, daß auf Grund der höheren Stabilität dieser Dispersionen keine Gefahr frühzeitiger Koagulation vorlag, selbst wenn sie direkt den in Wasser suspendierten Asbestfasern zugesetzt werden. Hingegen wurde gefunden, daß bei ihrer Anwendung in starker Verdünnung, wie beispielsweise im Holländerverfahren, nahezu der gleiche Mangel an Bindekraft vorlag, als bei Anwendung von Latex nach derselben Methode. Deshalb ist es auch in diesem Fall erforderlich, einen höheren Gehalt an Kautschuk zur Anwendung zu bringen.

Eine sehr interessante und beachtenswerte Eigenschaft der Produkte, die im Holländerverfahren sowohl aus natürlichem als auch künstlichem Latex hergestellt wurden, ist die Tatsache, daß Bremsbeläge, deren tatsächlicher Kautschukgehalt verhältnismäßig hoch ist, selbst unter beschleunigten hohen Hitzebedingungen weder zum »Bluten«, noch zur Ausbildung von Blasen neigen. Dies beruht vermutlich auf der Eigenschaft mangelnder Filmbildung der Kautschukteilchen, so daß eine offenere und porösere Struktur ausgebildet wird, die eine einheitliche Verteilung der Gase ohne Ausbildung lokaler Taschen zuläßt.

Aus dem Vorhergehenden ist ohne weiteres zu ersehen, daß Kautschuk in seinen verschiedenen physikalischen Formen ein besonders wünschenswertes Material als Bindemittel für Bremsbeläge darstellt. Sein hoher Abriebswiderstand, der verhältnismäßig hohe Reibungskoeffizient, Widerstand gegen Trommelaufrauung und die vielseitige Anwendbarkeit bei seiner Herstellung empfehlen ihn nicht nur dem Fabrikanten durch seine weitestgehende Entwicklungsmöglichkeit als Grundstoff, son-

dern auch der Automobilindustrie als einzig dastehendes Produkt. Seine größte Schwäche ist seine thermoplastische Eigenschaft bei hohen Betriebstemperaturen, die jedoch heute durch geeignete Mischungszusammensetzungen weitgehend überbrückt werden kann.

2. Gefaltete und gepreßte Bremsbeläge

Vermutlich die erste Anwendung von Kautschuk als Bremsbelagmaterial, die bis auf die Entstehung des Automobils zurückgeht, bestand in der Verarbeitung einer Mischung auf dem bekannten Friktionskalender mit einem einfachen gewobenen Asbestgewebe, das aus Asbestfäden hergestellt wurde, die eine Messingdrahtseele aufwiesen. Das mit Kautschuk friktionierte Gewebe wurde in lange Streifen geschnitten, die in mehrere Lagen zwecks Erzielung der erforderlichen Dicke gefaltet wurden und in einer hydraulischen Presse ähnlich wie bei der Riemenfabrikation vulkanisiert wurden.

Daß sich dieses Material im allgemeinen bewährte, beruht mehr auf den nicht allzu strengen Betriebsbedingungen, denen es zu dieser Zeit unterworfen wurde, als auf den ihm eigenen Qualitäten als Friktionsmaterial. Mit zunehmender Anspannung der Bremsbedingungen, wie sie sich durch Erhöhung der Geschwindigkeit, des Wagengewichtes und des dichteren Verkehrs ergaben, wurden Unzufriedenheiten in bezug auf rasche Zerstörung, ungleichmäßige Wirkung, Schmelzen der Mischung, wodurch mitunter der Belag sich an der Trommel festfraß, insbesondere aber über das Rutschen des Belages bei nassen Trommeln laut.

Die damals angewandten Kautschukmischungen entsprachen Friktionsmischungen für billigere Riemen und Einlageschläuche, die mitunter noch aus preislichen und nicht aus Betriebsgründen Abänderungen erfuhren. Sie waren als solche schon für Bremsmaterial nicht gerade geeignet.

Die damals aufkommenden zunehmenden Schwierigkeiten machten sich insbesondere bei den zu damaliger Zeit angewandten Zweiradbremsen des Außenbackentypus bemerkbar (Abb. 976). Der Belag, der auf ein außenliegendes zusammenziehbares Band aufgenietet war, war der maximalen Einwirkung der verschiedenen Arten von Straßensand, Kot und Wasser ausgesetzt, die sich auf die Oberfläche des Belages absetzten, wodurch je nach der Lokalität, in der der Wagen benutzt wurde, rascher Abrieb, Empfindlichkeit, ungleichmäßiger Reibungskoeffizient und Rutschen bedingt wurde.

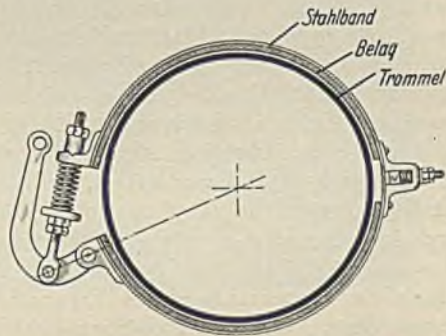


Abb. 976. Gefalteter und gepreßter Bremsbelag. Außen Kontraktionsbremse mit auf äußerem biegsamen Stahlband montierten Belag
(Johns-Manville Corp., USA.)

Während dieser Periode haben die Fabrikanten die Qualität der Mischung so gut wie gar nicht weiterentwickelt, was weniger auf mangelndem Interesse als vielmehr auf dem Nichtvorhandensein geeigneter Prüfmaschinen beruhte. Des weiteren waren die Berichte über praktische Straßenversuche sehr verwirrend, was darauf zurückzuführen ist, daß die Einstellung der Bremse einer der Hauptfaktoren in der Bestimmung der Bremswirkung war, ebenso wie die Art der Straße, auf der der Belag erprobt wurde, für das Ergebnis nicht unmaßgeblich war. Die ernsteste Beschwerde war zweifellos die Einwirkung von Wasser auf die Oberfläche des Belages oder der Trommel, und dies ist vornehmlich der Grund dafür, daß gefaltete und gepreßte Beläge in merklichem Ausmaß durch eine Art gewebter Asbestleiste ersetzt wurden, die mit trocknendem Öl und bituminösen Stoffen imprägniert war und durch Hitze gehärtet wurde. Später folgten die geformten Pappen- und Plattenarten.

Während der raschen Entwicklung, die die Ausrüstung von Automobilen in den letzten 15 Jahren mitgemacht hat, ist aber der gefaltete und gepreßte Typ als Standardprodukt niemals ganz ausgeschaltet worden. Trotz der außerordentlichen Schwierigkeiten in der Entwicklung von geeigneten Meßmethoden haben die Fabriken, mit den größten Prüfmaschinen beginnend, dennoch die Qualitäten und die Herstellungsverfahren dieser Art von Belägen allmählich bis zu einem solchen Stadium entwickelt und verbessert, daß sie heute den derzeitigen strengen Betriebsvorschriften der Automobilfabriken gerecht werden und als standardisierte Ausrüstung vieler Wagen sowie in den Reparaturwerkstätten Anwendung finden.

Eine der hervorragendsten Eigenschaften dieses Belages ist die der Bremstrommel ausgesetzte Oberflächenstruktur. Man nimmt allgemein an, daß der Homogenitätsgrad der Struktur gewissermaßen als Mantel der Qualität eines Materials zu werten ist. Daß dies im allgemeinen bei Kautschukmischungen zutrifft, kann nicht negiert werden. Für Bremsbelagszusammensetzungen trifft dies aber nicht zu. Die Oberfläche eines gefalteten und gepreßten Belages zeigt kurz nach seiner Inbetriebnahme ein festes, wabenartiges Aussehen, bestehend aus Flächen mit Kautschukmischung, umgeben von Asbestfäden und freien Messingdrähten. Der Asbestfaden und der Draht bilden eine Verstärkung oder Struktur für die Kautschukmischung und beeinflussen den Reibungskoeffizienten und die Widerstandsfähigkeit gegen Temperatur in hohem Maße. Die Aggregate der Kautschukmischung widerstehen der Abnutzung durch ihre natürliche Widerstandsfähigkeit und verändern auch den Reibungskoeffizienten je nach der Art der angewandten Mischung.

Die in dieser Art von Belag angewandte Faser ist in Anbetracht der Weberfordernisse von der langfaserigen oder spinnfädigen Abart. Infolge der für die Erzeugung derartiger Fasern erforderlichen Herstellung ist sie freier von Spänen (ungeöffnete Fasern in Gesteinsform) sowie von Gangart als die kürzeren Abarten, die in manchen Typen geformter Beläge Anwendung finden. Sie ist daher stärker und abnutzungsbeständiger. Es gibt natürlich viele Arten von Asbest. Das bei der Herstellung von gefaltetem und gepreßtem Belag in Form gewobenen Tuches angewandte

Material ist zumeist vom Typus des kanadischen Chrysotils, eines Magnesiumsilikats folgender allgemeiner Zusammensetzung:

SiO ₂	. . . . .	40%
Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃	. . . . .	5%
MgO	. . . . .	41%
Kristallwasser	. . . . .	14%
		<hr/>
		100% ²

In der Form eines Fadens weist er hohe Zugfestigkeit auf und widersteht der Einwirkung von Hitze bis zu 375° C. Bei dieser Temperatur verliert die Faser langsam das Kristallwasser. Bei 550° C ist völlige Entwässerung eingetreten, das Material wird brüchig und kann durch Reiben zwischen den Fingern leicht zerpulvert werden.

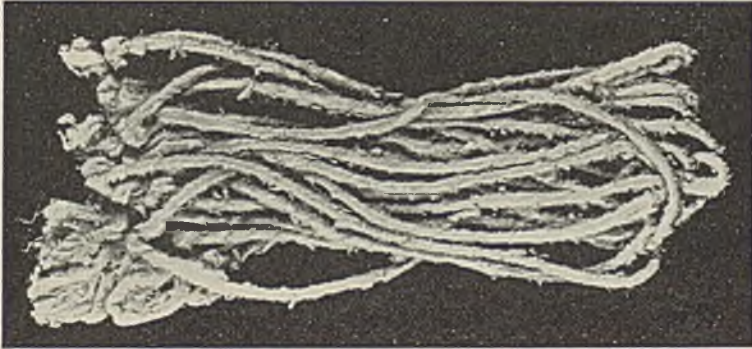


Abb. 977. Asbestfaden zur Herstellung eines Gewebes für gefaltete und gepreßte Bremsbeläge. Es sind drei separate Zwirne von Asbest mit zwei Messingdrähten verwoben

Bei der Herstellung von gefalteten und gepreßten Bremsbelägen muß vor allem die Art des anzuwendenden Asbesttuches berücksichtigt werden. Das Tuch weist die folgende übliche Zusammensetzung auf:

Asbestfaser	. . . . .	56%
Messingdraht	. . . . .	30%
Baumwollfaser	. . . . .	14%
		<hr/>
		100%

Es besteht aus Asbestfäden, die mit 10 bis 20% Baumwolle versponnen werden, um das Weben zu erleichtern. Der einzelne Faden ist aus einem oder mehreren Zwirnen um ein oder mehrere Messingdrähte gedreht. Diese Drähte von allgemein 0,006 bis 0,007 Zoll Durchmesser nehmen an Dicke durch das den Faden ergebende verhältnismäßig grobe Asbest, das erheblich schwerer als Baumwolle ist, zu, so daß ein Durchmesser von 5/64 Zoll sich ergibt (Abb. 977). Um die Kautschukfraktionsmischung auf dem Tuch gut zu verankern, sind die Fäden in der Regel so gewebt, daß sie pro Zoll 16 Ketten und 8 Einschläge ergeben, so daß zwischen den Fäden Zwischenräume von ungefähr 3/64 Zoll verbleiben (Abb. 978).

² Siehe auch den Abschnitt »It-Platten« S. 1251.

Diese Zwischenräume werden mitunter vergrößert, wenn man die Fäden während des Verwebens mit einer Appretur von Stärke, Kasein oder Wasser versieht, wodurch die losen Fasern in kompaktere Formen gebracht werden, oder man kann aber auch das Tuch nach dem Weben mit verschiedenen bituminösen oder harzigen Lösungen behandeln, die gleichzeitig auch ausgewählt werden, um die Friktion und die Haltbarkeit des fertigen Belages günstig zu beeinflussen. Wenn auch die Anwesenheit des Messingdrahtes im Tuch auf die Friktion und die Abnutzungsgeschwindigkeit einen merklichen Einfluß hat, besteht sein Hauptzweck in der Verstärkung und der Verringerung der Gefahr des Abreißen des Belages von den Nietten während des Betriebes, insbesondere wenn er heiß geworden ist. Es sind auch andere Metalldrähte zeitweise zur Anwendung gelangt, wie z. B. aus Zink, Blei, Zinn, Eisen usw., um die Eigenschaften der Beläge im Betrieb zu variieren. Derzeit ist aber die Anwendung von Messingdraht fast allgemein.



978

979

980

981

982

- Abb. 978. Asbestgewebe mit offener Webeart, wodurch ein Eindringen der Gummimischung beim Friktionieren am Kalandar ermöglicht wird.
- Abb. 979. Asbestgewebe einseitig friktioniert. Die nicht belegte Seite zeigt das Eindringen von Kautschukmischung in Form von »Nieten«, die die Gewebelagen während der Druckvulkanisation zu einer einheitlichen Masse zusammenschweißen.
- Abb. 980. Asbestgewebe beiderseits mit Kautschuk friktioniert.
- Abb. 981. Asbestgewebe einseitig mit Kautschuk belegt. Die nicht belegte Seite zeigt das Eindringen des Kautschuks in die Zwischenräume. Diese Seite wird im allgemeinen umgefaltet.
- Abb. 982. Asbestgewebe mit vier aufeinanderfolgenden Strichen einer Benzinlösung behandelt. Die Lösung dringt mangelhaft in den Faden ein und sitzt an der Kreuzungsstelle von Kette und Schuß an der Oberfläche.

Es gibt drei Methoden, um die Kautschukmischung auf das Gewebe aufzubringen. Die zumeist angewandte ist das Friktionieren auf den üblichen Kautschukfriktionskalandern. Der Kautschuk wird auf einer Vorwärmwalze erweicht und in dem zwischen oberer und mittlerer Walze des Kalanders dauernd zu erhaltenden Kautschukwulst eingeführt. Er läuft nun als schwerer Belag von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke je nach den Eigenschaften der Mischung auf die mittlere Walze. Das behandelte oder unbehandelte Asbesttuch, das auf eine Seele stramm aufgewickelt ist, wird nun zwischen der unteren und mittleren Walze auf der dem Wulst gegenüberliegenden Seite des Kalanders eingeführt.³ Sobald das lockere Ende

³ Siehe Abschnitt »Kautschukmaschinen«, S. 137, sowie »Riemen«, S. 735, und »Gummierte Stoffe«, S. 639

des Tuches mit dem schweren Kautschukbelag der Mittelwalze zusammen trifft, wird die untere Walze stramm nach oben geführt, wodurch das Tuch in die Kautschukmasse tief eingepreßt wird. Das Verhältnis der Oberflächengeschwindigkeit zwischen der mittleren und unteren Walze wird zwischen 1 bis $1\frac{1}{2}$: 1 bzw. 3 : 1 gehalten, wodurch eine Welle oder ein rollender Wulst der Mischung an der Berührungsstelle der beiden Walzen und auf der Oberfläche des eintretenden Tuches sich ausbildet. Dieser Wulst in Zusammenhang mit dem Unterschied in der Geschwindigkeit, d. h. mit der Friktion der beiden Walzen, drückt und reibt die weiche, heiße Kautschukmischung in das Gewebe und führt hier zur Ausbildung einer Anzahl Kautschuknieten in den Zwischenräumen zwischen den Fäden unter gleichzeitiger wirksamer Bedeckung der Oberfläche mit einem einheitlichen, aber rauhen Überzug an Mischung (Abb. 979). Dann wird die Tuchrolle in umgekehrter Richtung nochmals durch den Kalandar geführt und hierbei ihre andere Seite ebenso behandelt. Nach diesem Verfahren wird das Tuch sehr vollkommen und gleichmäßig mit Kautschukmischung imprägniert, die unter Zugrundelegung des Gewichtes des fertigen Materials je nach dem spezifischen Gewicht der angewandten Mischung 40 bis 60% ausmacht (Abb. 980). Auch die Temperatur der heißen Walzen beeinflusst die Quantität und Qualität des Auftrages. Besondere Vorsicht und große technische Erfahrung muß angewandt werden, um ein Anbrennen der Mischung zu vermeiden, die an sich ziemlich hitzeempfindlich ist, ebenso wie sie eine sehr scharfe Kontrolle des Gewichtes und der Glätte des Friktionsüberzuges erfordert.

Eine andere ähnliche Methode ist der Auftrag der Kautschukmischung als Belag (Coat). Bei diesem Verfahren muß die Dicke des Kautschukbelages sehr genau bestimmt sein und beträgt im allgemeinen $\frac{1}{16}$ Zoll (Abb. 981). Die mittlere und untere Walze kann mit gleicher Geschwindigkeit oder mit Friktion laufen, und der Kautschukbelag soll tief in die Oberfläche des Gewebes eingepreßt werden. Nach diesem Verfahren wird das Gewebe im allgemeinen nur auf einer Seite bedeckt. Der Fluß der Mischung in die Tuchmaschen erfolgt bis zu einem gewissen Grade durch den von der unteren Kalandarwalze ausgeübten Druck und dann durch die Vulkanisation des Belages in hydraulischen Pressen. Wenn auch diese Methode gewisse Bequemlichkeitsvorteile mit sich bringt, findet sie im allgemeinen nur bei Mischungen Anwendung, die infolge ihrer starken Neigung zum Anbrennen oder ihrer Zähigkeit nicht friktioniert werden können. Des weiteren werden die Kanten und die Mitte des belegten Tuches an Dicke variieren, sofern die obere und mittlere Walze nicht besonders bezüglich ihrer konvexen Beschaffenheit abgedreht sind, so daß nach dem Falten in Belagstreifen zu große Ungleichmäßigkeiten in der Stärke vorliegen würden. In manchen Fällen werden auch beide Tuchseiten belegt.

Schließlich wurde die Mischung auch in Form einer Benzinlösung fabrikatorisch zur Anwendung gebracht. Die Kautschukmischung wird als verhältnismäßig konzentrierte Lösung in einen Behälter verbracht, in dessen Boden sich eine Rolle befindet, unter der das gründlich vor-

getrocknete Tuch hindurchgezogen wird. An der Seite des Behälters sind zwei Quetschwalzen angebracht, die die überschüssige Lösung aus dem Tuch entfernen. Das imprägnierte Tuch läuft dann über eine Anzahl Trockenvorrichtungen niederer Temperatur, um das Lösungsmittel zu entfernen. Sie sind im allgemeinen eingekapselt, um eine möglichst gute Wiedergewinnung des Benzins zu sichern. Um hinreichend Mischung auf das Tuch aufzubringen, sind vier oder mehr Striche erforderlich. Bei diesem Verfahren ist die Plastizität und Temperaturempfindlichkeit der Mischung von geringer Bedeutung, so daß sich die Mischungen, die für die Friktionierung und Belegung ungeeignet sind, nach dem vorliegenden

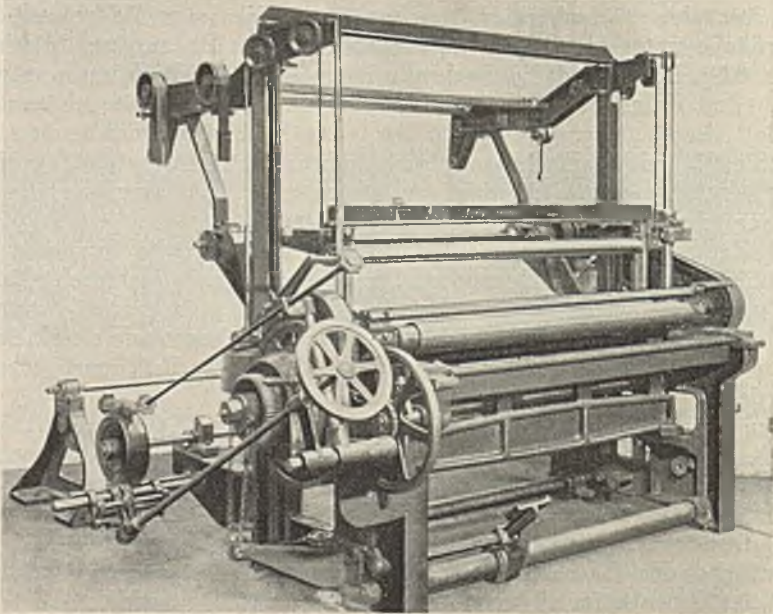


Abb. 983. Maschine zum Beschneiden von kautschukgebundenen Asbestgeweben auf die für die Faltung erforderliche Breite

Verfahren leicht verarbeiten lassen. Nach diesem Verfahren läßt sich die größtmögliche Imprägnierung des Asbesttuches erzielen, jedoch werden nur die an der Oberfläche liegenden Fasern imprägniert, da so gut wie gar kein Eindringen in das Innere der Fäden erfolgt. Selbst bei Anwendung sehr dünnflüssiger Lösungen verbleiben die Oberflächen der Ketten- und Schußfäden an ihren Berührungsstellen weiß und sind so nicht einmal an der Oberfläche mit Lösung bedeckt (Abb. 982).

Dieses Verfahren ist trotz seiner Bequemlichkeit und relativen Gleichmäßigkeit der Imprägnierung infolge des Lösungsmittelpreises recht kostspielig. Da weder Laboratoriums- noch Straßenversuche erheblich bessere Ergebnisse in bezug auf Friktion aufweisen, dürften diese zusätzlichen Kosten nicht gerechtfertigt sein. Sie lassen sich zwar durch Lösungsmittelrückgewinnungsanlagen verringern, doch setzt dies voraus,

daß der Umsatz die Anschaffungskosten einer derartigen Anlage zuläßt.

Kürzlich ist eine Abänderung des Lösungsverfahrens eingeführt worden, die erhebliche Vorzüge aufweist. In den meisten fadenartigen mit Kautschuk behandelten Belägen wird die Mischung mit Asbest, das in der Form eines gewebten Tuches vorliegt, verbunden, das dann in eine solche Zahl von Lagen gefaltet wird, wie sie zur Erzielung der erforderlichen Dicke notwendig ist. Die Struktur ist demzufolge laminiert und es besteht die Gefahr der Lagentrennung durch Hitze bei starker Beanspruchung. In dem neueren Verfahren werden die einzelnen Fäden durch eine hochkonzentrierte Kautschuklösung geführt und in noch nassem Zustand zu einer »Leiste« gelegt, die die erforderliche Dicke des Belages ausmacht. Diese Struktur weist keine Laminierungen auf und ergibt somit größte Verstärkung sowie eine völlige Durchsetzung mit Kautschukmischung. Nach dem Verweben wird die imprägnierte Leiste getrocknet, um das Lösungsmittel zu entfernen, auf die erwünschte Breite und Dicke in einem Profilkalender kalandriert und in einer hydraulischen Presse bei hohem Druck und hoher Temperatur vulkanisiert. Infolge Faltbarkeit der Struktur kann man die Leisten auch ohne weiteres auf Kupplungs-scheibenbeläge verarbeiten. Die Eigenschaften dieser Art von Belag im Betrieb werden derzeit mit größtem Interesse beobachtet.

Das nach den vorbeschriebenen Verfahren behandelte Asbestgewebe wird dann auf eine Schneidmaschine verbracht und hier in Streifen der erforderlichen Breite geschnitten (Abb. 983). Dann werden die Streifen durch eine Faltmaschine geführt, ähnlich der, wie sie bei der Herstellung von Treibriemen Anwendung findet. Mit Hilfe dieser Handhabung wird der friktionierte Streifen in sich selbst gefaltet, um die erforderliche Dicke zu erzielen und zwischen den Walzen unter starkem Druck durchgeführt, um maximale Haftung der friktionierten Lagen zu erzielen. Für eine Dicke von $\frac{3}{16}$ Zoll werden im allgemeinen drei Lagen, für eine solche von $\frac{1}{4}$ Zoll vier Lagen angewandt. Wenn der gefaltete Belag die Faltmaschine verläßt, wird er durch eine Puderbox geführt, die Speckstein-, Graphit- oder ähnliche Pulver enthält, wodurch ein Kleben der Oberflächen beim Aufrollen der Streifen und während der Vulkanisation zwischen den heißen Platten einer hydraulischen Presse vermieden wird. Die Rollen schwanken in ihrer Länge von 50 bis 200 Fuß und sind jetzt für die Heizung fertig. Im allgemeinen werden aber die Beläge vor Einbringung in die Heizpresse vorgeformt. Diesem Zwecke dient eine als Profilkalender bezeichnete Maschine (Abb. 984). Der Belag wird zwischen zwei schweren Walzen von 12 Zoll Durchmesser und 6 Zoll Breite hindurchgeführt. Die Walzeneinstellung ist so vorgesehen, daß der Belag bis auf eine Differenz von äußerst 0,008 bis 0,010 Zoll seiner endgültigen Stärke vorgepreßt wird. Zwei Platten, deren eine dieselbe Dicke aufweist wie der zusammengedrückte Belag, rotieren im rechten Winkel zu den schweren Walzen in einer solchen Lage, daß ihr Umfang sehr stark gegen die Kanten des Belages drückt, während er zwischen den schweren Walzen hindurchgeht. Auf diese Art und Weise werden die Seiten glatt und gleichmäßig geformt. Die vorgeformten Beläge werden

nun auf die Platten einer zweistufigen 25 bis 30 Fuß langen hydraulischen Presse in voneinander separierten parallelen Streifen mit etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Abstand im allgemeinen in 16 Längen von 2 Zoll Breite gelegt. Bevor die Beläge dem Druck ausgesetzt werden, legt man auf die Längskanten der Platten Eisenbänder derselben Dicke wie sie dem fertigen Belag entspricht. Nun werden die Platten mit den vorgeformten Belägen einander

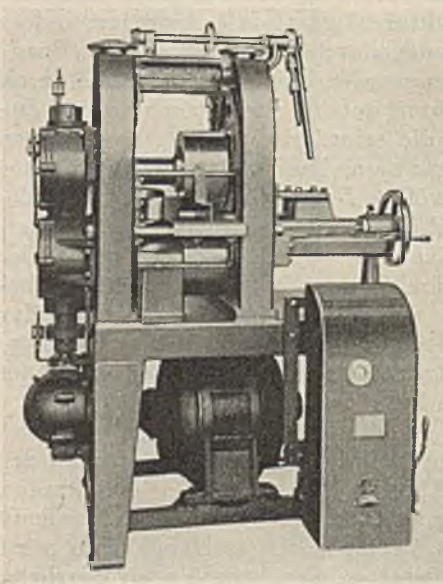


Abb. 984. Maschine zur gleichzeitigen Kalandrierung von Bremsbelägen auf allen vier Seiten. Die Maschine gestattet die Ausübung eines Druckes von 25 000 lbs/inch². Die für jede Dicke verschiedene Seitenwalze ist rasch auswechselbar. Die Walzeneinstellung ist mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{1000}$ möglich. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt 150 Fuß pro Minute.

(Black Rock Mtg. Co., USA.)

langsam genähert, bis der Gesamtdruck auf den Eisenschienen liegt. Nachdem der Belag um 0,008 bis 0,010 Zoll stärker ist als die Eisenschienen, wird hinreichender Druck auf das kautschukbelegte Tuch ausgeübt, um ohne Formveränderung oder Ausquetschen von Kautschuk an den Kanten eine dichte Struktur zu ergeben. Nach Beendigung der Vulkanisation, die je nach Mischung 10 bis 30 Minuten bei 65 bis 165 lbs. Dampfdruck pro Quadratzoll ausmacht, wird der Druck abgelassen und die Platten gesenkt. Der vulkanisierte Belag wird durch die Presse gezogen und aufgerollt und ein zweiter Abschnitt der kontinuierlichen Rolle vulkanisiert. Dies wird solange fortgesetzt, bis die erforderlichen Längen erzielt sind. Der fertige Belag wird dann auf Dicke, Breite, Biegsamkeit, Härte und allgemeines Aussehen geprüft. Er wird dann mit Marken und Größenbezeichnungen gestempelt, in Rollen von 50 bis 200

Fuß abgemessen und dem Versand übergeben.

Wenn die Dickentoleranzen sehr eng sind, wird der Belag mittels Schleifrades auf einer oder beiden Seiten abgeschliffen. Um einen derartigen Schleifvorgang zu gestatten, muß die Zusammensetzung der Kautschukmischung und die Behandlung des Asbestuches so sein, daß die Oberfläche glatt und frei von Fäserchen und Narben ist. Diese Methode findet insbesondere für Material, das zur direkten Ausrüstung dient, immer mehr Anwendung.

Ein anderes Vulkanisationsverfahren gefalteter und gepreßter Beläge, ist die sogenannte Stanzenheizung. Der, wie erwähnt, vorgeformte Belag wird in Längen geschnitten, so daß er genau auf die Bremsbacke paßt.

Dann werden durch die Oberfläche Löcher geschlagen, die mit Nägeln in einer Oberfläche der Form in der die Heizung vorgenommen wird übereinstimmen. Die Belagstreifen werden nun in eine Form gelegt, die im allgemeinen 6 Stück aufnehmen kann und in einer hydraulischen Presse geheizt. Nach Entnahme weisen die Streifen ein besonders gutes Aussehen auf, sie haben rechteckige Kanten, glatte Oberfläche und außerdem für die Aufnahme der Befestigungsnieten durch die nagelartigen Vorsprünge der Form hervorgerufene Durchlöcherung. Es ist lediglich noch erforderlich, etwaigen Austrieb abzuschneiden und die Beläge vor dem Versand zu stempeln (Abb. 985).

Bei der Ausarbeitung von Mischungen, die für die Friktionierung am Kalander Anwendung finden sollen, muß vor allem für die erforderliche Plastizität zur Verhinderung des Anbrennens bei der verhältnismäßig hohen Verarbeitungstemperatur und der Erhaltung einer gleichmäßigen für die Belegung richtigen Dicke des Friktionskautschuks und hinreichender Klebrigkeit Vorsorge getroffen werden. Diese Mischungen sind von niederem Kautschukgehalt, der nur selten 25 Gewichtsprozent übersteigt, öfters aber nur 10 bis 15% aufweist und besitzen außerdem einen hohen Gehalt an Schwefel. Zu diesen kleinen Kautschukmengen werden stark trocknende Zusätze gemacht, wie gelöschter Kalk, Bleiglätte, Ton usw., um den fertigen Belag so zäh und hitzebeständig wie möglich zu machen. Um die Steifigkeit dieser Mischung zu kompensieren, werden Füllstoffe wie Kreide und Schwerspat zusammen mit Erweichern zugefügt. Die Füllstoffe dienen hier lediglich als inerte Zusatz ohne Einfluß auf die Zähigkeit. Die Erweicher, wie beispielsweise Öle, Harze, bituminöse Substanzen oder Gummiarten, werden wegen ihres stark erweichenden Effektes in verhältnismäßig geringen Mengen von $\frac{1}{4}$ bis 5% angewandt. Ihre Auswahl beruht auf der Erweichung und der Klebrigkeit, die sie jedem besonderen Mischungstyp verleihen, und auf ihrem Einfluß auf den fertigen Belag im Betrieb, insbesondere in bezug auf die Schmierung. Auch Regenerat wird im allgemeinen in gleichen Mengen wie Rohkautschuk in der Mischung verwandt mit dem Zweck, den Rohkautschuk zu glätten und bei der Verarbeitung förderlich zu sein. Die folgenden Angaben können für diese Art von Mischungen als repräsentativ angesehen werden.

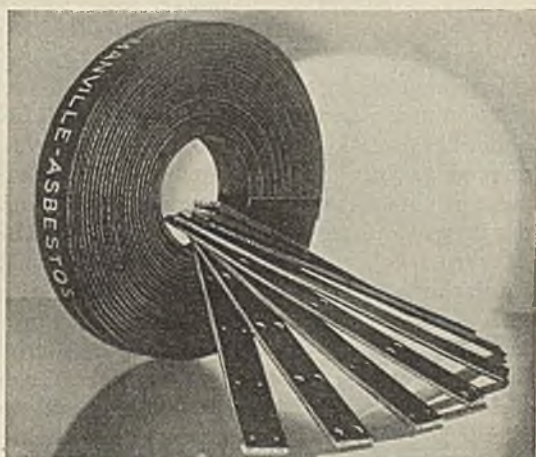


Abb. 985. Bremsbelag in Rollenform, mit in der Form eingepreßten Nietenlöchern und Nietenversenkungen.

(Johns-Manville Corp., USA.)

Pale Crêpe	15,0%	Pale Crêpe	10,0%
Regenerat	10,0%	Schwefel	5,0%
Schwefel	7,5%	Kalk	20,0%
Bleiglätte	25,0%	Graphit	4,0%
Schwerspat	35,0%	Bleipulver	10,0%
Gasruß	4,0%	Gasruß	20,0%
Leinöl	3,5%	Harz	1,0%
	<hr/>	Schwerspat	<hr/>
	100,0%		100,0%

Gummierte, gefaltete und gepreßte Bremsbeläge weisen im Betrieb sehr wünschenswerte Eigenschaften auf. Sie haben geringe Abnutzung, hohe Beständigkeit gegen das Aufrauen durch die Trommeln und sind nahezu geräuschlos. Es scheint jedoch dem erzielbaren Reibungskoeffizienten eine Grenze gesetzt zu sein, die anscheinend durch Abänderung der angewandten Mischungstypen nicht überbrückt werden kann. Dies ist vermutlich auf die nicht ausschaltbaren Benetzungseigenschaften des Kautschuks selbst zurückzuführen. Bei Inbetriebnahme kann ein Belag oft einen Reibungskoeffizienten von sogar 0,5 oder selbst 0,6, solange er kalt ist, aufweisen. Nach wiederholter Benutzung sinkt dieser Wert auf 0,40 bis 0,45, wo er ungefähr für die restliche Lebensdauer des Belags stehen bleibt. Dies scheint auf der Ausbildung eines mikroskopisch dünnen Filmes des Kautschukkohlenwasserstoffes selbst an der Oberfläche des Belages zu beruhen, der die anorganischen Füllstoffteilchen benetzt oder einbettet, wodurch ihr effektiver Reibungskoeffizient zu einem merklichen Grade verändert wird.

3. Bremsblöcke

Für die Bedienung schwerer Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, wie Lastwagen und Omnibusse sowie für starke industrielle Beanspruchung in Kranen und Baggern, haben sich Reibungselemente des gefalteten und gepreßten sowie des geformten Plattentyps als nicht restlos zufriedenstellend erwiesen. Gefaltete und gepreßte Beläge, deren Struktur aus einer Anzahl Lagen von kautschukbedecktem Asbesttuch, das unter Druck geheizt wurde, besteht, neigt zur Laminierung und zur Lagentrennung, wenn sie dem hohen Druck und der Temperatur des schweren Omnibus- oder Industriebetriebes ausgesetzt werden. Die Folge ist fortschreitende Zerstörung und rasche Abnutzung. Gummierte Platten und geformte Beläge, deren dünne laminierte Faserstruktur durch einen kontinuierlichen Film von Kautschuk gebunden ist, neigt zur Ausbildung von Oberflächenblasen, wenn besonders hohe Temperaturen im Betrieb auftreten, wodurch rasche Abnutzung bedingt ist. Diese wird noch durch die Schwäche der Faserstruktur, die ja hier aus losen nicht verwebten Fasern besteht, erhöht.

Um diese Nachteile der Konstruktion zu beseitigen, ist ein Material entwickelt worden, bei dem die Struktur der kautschukgebundenen Asbestfaser in der Form nicht verwebter Fäden vorliegt, die keine Nei-

gung zur Lagentrennung haben, noch unter den hohen Temperaturen und Drucken des Betriebes zur Blasenbildung neigen (Abb. 986).

Dieser Effekt wird erzielt, indem man Asbestfäden mit eingelegtem Messingdraht in nicht verwebtem Zustand in Längen von 1 bis 3 Zoll schneidet, mit Kautschuklösung überzieht und nach Verdampfung des Lösungsmittels unter Druck und Hitze formt. Der so geformte Block ist starr und dicht und besteht aus einer Fadenstruktur, die man am besten als verfilzt bezeichnen kann, wodurch eine sehr ausgeprägte Strukturversteifung bedingt ist. Es liegt hier keine definierte Orientierung vor, so daß auch keine Neigung zur Lagentrennung besteht. Da das Kautschukbindemittel nur an der äußeren Oberfläche des Fadens niedergeschlagen ist, bleiben hinreichende Kanäle durch den Fadenkörper erhalten, um die durch die hohe Betriebstemperatur bedingten Gase diffundieren und entweichen zu lassen, wodurch eine Blasenbildung im Blockkörper ausgeschlossen ist.

Bei der Herstellung werden Fäden der erforderlichen Länge hergestellt, indem mit eingelegtem Messingdraht Abfall-Asbestmessingtuch durch eine als Schnitzelmaschine bezeichnete Apparatur geführt wird. Durch deren reißende und scherende Wirkung zerteilt und schneidet sie die Fäden in einzelne kurze Längen. Nach Trocknung wird die verfilzte Masse in ein Rührwerk verbracht, das die erforderliche Menge Kautschuk in Form einer dünnen Lösung enthält. Die Mischung wird so lange gerührt, bis die Oberfläche der Fäden mit der Lösung gründlich bedeckt ist. Die wirt dacheinanderliegenden kautschukbedeckten Fäden werden nun auf Horden ausgelegt und bei mäßiger Temperatur von ungefähr 65° C zwecks Verdampfung des Lösungsmittels getrocknet.

Nach erfolgter Trocknung wird ein vorbestimmtes Gewicht der steifen und sperrigen Masse in eine Form erforderlicher Größe verbracht. Dieselbe ist in der Regel gekrümmt, um der Form eines Bremsbackens zu entsprechen. Ihre Seiten sind entfernbar und werden mittels Bolzen in Lage gehalten. Der obere Teil der Form, der als Stempel ausgebildet ist, wird in seine Lage gebracht und mittels hydraulischen Druckes auf die Masse gepreßt und bis zur Beendigung der Heizung so belassen. Nach erfolgter Vulkanisation werden die geheizten Blöcke aus der zusammenlegbaren Form durch Entfernung der Bolzen entnommen. Sie werden dann mittels Schleifrades vom Austrieb gesäubert, gebohrt und mit ent-

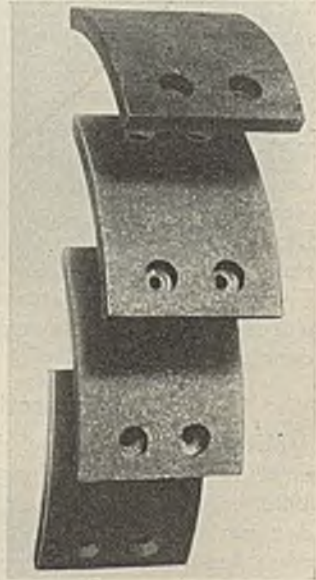


Abb. 986. *Preßgeformte
Bremsblöcke mit einge-
lassenen Nietversen-
kungen.*
(*Johns-Manville Corp.,
USA.*)

sprechenden zur Aufnahme der Nietenköpfe passenden Einlassungen versehen und sind nunmehr für den Gebrauch fertig.

Diese Art von Material unterscheidet sich ganz radikal von gefalteten und gepreßten sowie geformten Platten nicht nur in der Struktur der Asbestfaserverstärkung, sondern insbesondere in der Verteilung des Kautschukbindemittels. An Stelle ausgesprochener Anhäufung von gemischtem Kautschuk durch die gesamte Struktur, wie dies bei gefaltetem und gepreßtem Material der Fall ist, liegt hier das Bindemittel als außerordentlich dünner Überzug an der äußeren Oberfläche sämtlicher Fäden vor, wodurch ein Maximum an Bindekraft mit einem Minimum an Kautschukvolumen erzielt wird. Durch diese Struktur wird die Neigung zum Quellen und zur Gasbildung bei hoher Temperatur erheblich verringert. Das Herstellungsverfahren gestattet auch die Einverleibung einer großen Anzahl von Substanzen außer Kautschuk und Asbest, es ist in bezug auf Teilchengröße praktisch unbegrenzt, wodurch die Betriebseigenschaften des Blockes sehr veränderlich gestaltet werden können. Nach diesem Verfahren können Blöcke verschiedenster Form und Größe und mit Dicken von $\frac{1}{4}$ bis zu 6 Zoll oder mehr hergestellt werden. Seit Einführung dieses Materials hat seine Anwendung überall dort, wo mit hohen Drucken und Temperaturen zu rechnen ist und für die es auch geschaffen wurde, ständig zugenommen, da die Ergebnisse außerordentlich zufriedenstellend sind.

4. Geformte Bremsbeläge — Plattentyp

Mit der Entwicklung der Vierradbremse des Innenbackentyps und ihrer raschen Anwendung auf Motorfahrzeuge, ungefähr um das Jahr 1923, ergab sich die Nachfrage nach einem Bremsbelagmaterial, das sich den verhältnismäßig engeren dimensional DICKENTOLERANZEN, wie sie diese Art von Bremsen fordern, besser anpassen würde, als die bis dahin angewandten gefalteten und gepreßten und gewobenen Typen (Abb. 987, 988, 989). Die Automobilkonstrukteure haben die größten Bedenken bezüglich der katastrophalen Folgen ausgesprochen, die Vierradbremse mit Innenbacken mit sich bringen könnten, insbesondere bei der Abbremsung der Vorderräder, da die Gefahr bestand, daß durch ungenaue Einstellung und leichtes Gleiten an der Trommel ein durch die entwickelte Hitze bedingtes Anquellen plötzliche Blockierung bedingen könnte. Diese Bedenken und die Tatsache, daß die Bewegung des Belages in einer Innenbackenbremse verhältnismäßig begrenzt ist, forderte ein Material, das nicht nur die erwünschten Betriebseigenschaften aufweist, sondern das bei Anlegen an die Trommel geringere Kompression ergibt und dessen Herstellung mit geringsten Toleranzen möglich ist.

Um diesen Ansprüchen zu genügen, ist eine große Anzahl von Reibungselementen hergestellt worden, die vornehmlich aus Asbestpappe bestanden, die auf der gewöhnlichen Pappenmaschine hergestellt wurden. Nach der Trocknung wurden sie mit den verschiedensten Arten trocknender Öle, kondensierter Harze und bituminösen Stoffen einzeln sowie in Mischung imprägniert, durch Erhitzung gehärtet und auf Größe geschnitten. Diese Typen entsprachen zwar den Anforderungen engster

Toleranzen in bezug auf Dicke und Kompressionswiderstand, sie waren aber bezüglich rascher Abnutzung und ihrer Neigung, die Bremstrommel

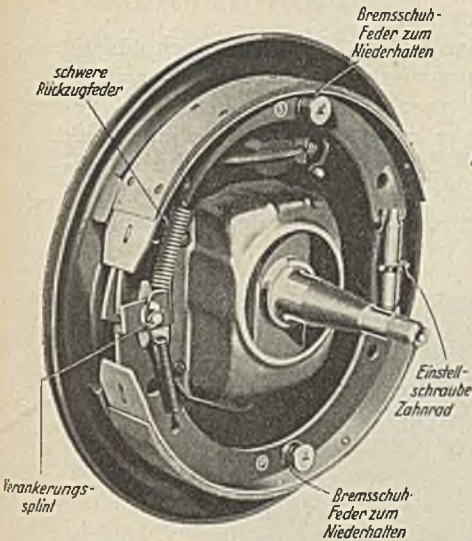


Abb. 987. Vorderradbremse (Bendix-Typ, Motor, USA.)

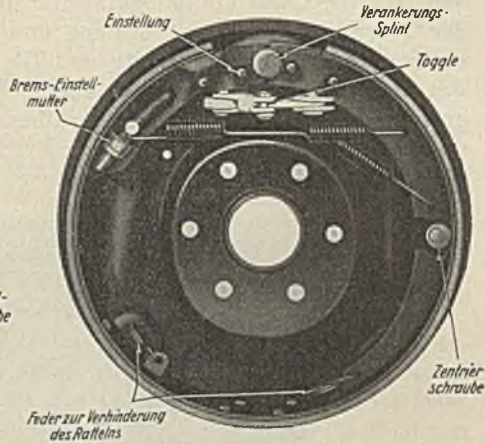


Abb. 988. Midland Stahlhydraulische Innen-Backen-Bremse (Motor, USA.)

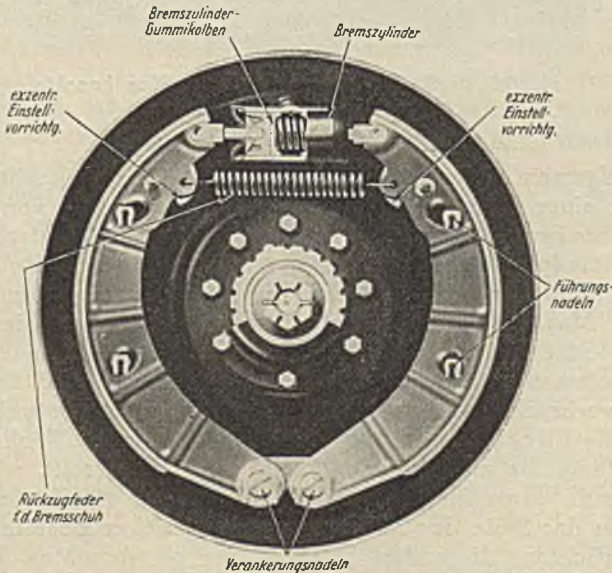
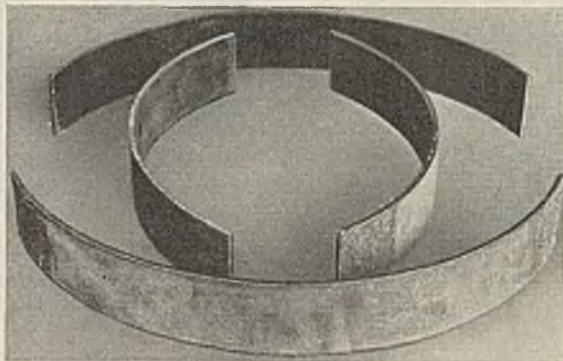


Abb. 989. Hydraulische Innen-Backen-Bremse System Lockheed (Motor, USA.)

aufzurauchen und zum Kreischen zu bringen, nicht immer zufriedenstellend. Des weiteren ergaben sich erhebliche Schwierigkeiten in der

Herstellung, da es infolge Werfens der Masse nicht leicht war, den richtigen Radius des Belages einzuhalten, der für einen guten Sitz auf der Stahlbacke ohne Lufteinschlüsse erforderlich ist.

Einer der damals zufriedenstellendsten Beläge, der heute noch günstig beurteilt wird, war ein halbgeformter gummierter Asbest von hinreichender Starrheit, um seine Formung und maschinelle Bearbeitung mit geringsten Toleranzen in Breite und Dicke zu ermöglichen und der dank des angewandten Kautschuks einen Widerstand besaß, der die imprägnierten Pappenarten bei weitem überstieg und außerdem praktisch frei von übermäßiger Kompression der Bremse war. Diesbezüglich sei auf das A. P. 1 686 903 und 1 771 749 verwiesen (Abb. 990).



*Abb. 990. Preßgeformte Bremsbeläge. Man beachte die erforderliche Krümmung.
(Johns-Manville Corp.)*

Dieses allgemein als »molded sheeter brake lining« bekannte Material besteht aus einer mehr oder minder homogenen Struktur von nicht verwebten Asbestfasern, Füllstoffen und Kautschuk. Vom kautschuktechnologischen Standpunkt aus ist die Herstellung einzigartig. Rohkautschuk wird in Form dünnen Crêpes direkt vom Ballen abgezogen und wird zumeist ohne Mastikation in Benzinbehälter verbracht und hier für 6 bis 8 Stunden oder bis zur Quellung von der Konsistenz einer weichen Gallerte belassen. Die gequollene Kautschukmasse wird dann in ein Rührwerk verbracht, das auf vertikaler Welle montierte rotierbare Flügel aufweist. Die Fläche dieser Flügel weist einen solchen Winkel auf, daß die eine Kante die zu rührende Masse vor sich herrollt, während die nächstfolgende Kante des Rührers die Masse über die Kante eines stationären, an der Seite des Rührers in zwar gleichen aber in entgegengesetzter Richtung liegenden Winkels des angebrachten Rührflügels drückt. Der Spielraum zwischen beiden Kanten beträgt nicht mehr als $\frac{1}{32}$ Zoll. Der gequollene Kautschuk wird für ungefähr eine Stunde gerührt und ihm von Zeit zu Zeit Benzin zugesetzt, bis die erwünschte Konsistenz erzielt ist.

Die Konsistenz der so erzielten Kautschuklösung (d. h. durch Zusatz von Benzin direkt zum unmastizierten Rohkautschuk) ist viel größer als

bei Anwendung von mastiziertem Kautschuk und stellt eine wesentliche Eigenschaft des Verfahrens dar. Durch Erhaltung der maximalen Zähigkeit und fadenziehenden Eigenschaft der Kautschuklösung wird eine viel stärkere Binfähigkeit im fertigen Produkt erzielt, was darauf beruht, daß der Verteilungsgrad des Kautschuks durch die endgültige Faser-
masse begrenzt ist. Dann werden verschiedene Pulver in die Rührmasse eingesiebt. Sie bestehen im allgemeinen aus 20 bis 50% Schwefel auf das Trockengewicht des angewandten Kautschuks berechnet, anorganischen Beschleunigern, wie Bleiglätte oder Kalk, Füllstoffen, wie Schwerspat, Ton und Kreide sowie anorganischen Farbpigmenten, wie Zinkoxyd, Gasruß, Ultramarinblau, Eisenoxyd usw. Die Rührung wird bis zur möglichst einheitlichen Verteilung der Füllstoffe im Kautschukgel fortgesetzt, doch verbleiben infolge der natürlichen Zähigkeit und fadenziehenden Eigenschaft der Kautschuklösung auch nach einer Stunde noch feststellbare kleine Aggregate oder Klümpchen der zugesetzten Pulver.

Sobald der beste Verteilungsgrad der Pulver erreicht ist, wird die erforderliche Menge Asbestfaser der Mischung zugesetzt. Zu diesem Zweck ist ein System sogenannter Zyklone und Gebläse erforderlich. Asbestfaser kann durch ihre zusammenballende Eigenschaft in einer kolloidalen Lösung von Kautschuk nicht leicht verteilt werden. Setzt man es in Masse zu dünner Kautschuklösung zu, so werden die Aggregate oder Faserzusammenballungen nur äußerlich überzogen werden, während die inneren Fasern selbst nach langer mechanischer Rührung und Einwirkung von Druck den Kautschuk nicht aufnehmen werden und bestenfalls durch das Lösungsmittel benetzbar sind. Diese Eigenschaft der Asbestfaser, der Adsorption von kolloidalen Suspensionen zu widerstehen, ist eine besondere Eigenschaft dieses Materials, die auf Verarbeitung von Asbestprodukten von bedeutendem Einfluß ist.

Um eine möglichst feine Verteilung der Fasern in der Kautschuklösung zu erzielen, oder um die Benetzung der einzelnen Fasern zu begünstigen, wird im allgemeinen das folgende Verfahren angewandt.

Asbestfasern vorbestimmter Art werden in eine niedere mit Metall ausgeschlagene Kiste ausgewogen. Wenn man mehr als eine Art oder Qualität von Asbestfasern anwendet, werden sie mittels einer Gabel roh durchmischt. Die Faser muß natürlich in offener flockiger Form vorliegen und wird im allgemeinen in Kästen zur Erhöhung dieses Effektes vortrocknet. Nach grober Durchmischung wird die Faser in eine Aufschleißmaschine verbracht, die durch eine dauernde Zerreibwirkung die Fasermassen auflockert. Dieses Aufschließen erfolgt mittels eines Riemen, bestehend aus hölzernen Stäben, von denen scharfe Stahlnadeln von ungefähr 1 Zoll Länge und im Abstand von 3 Zoll herausstehen. Dieser Riemen, der in vertikaler Ebene läuft, hebt die in die Maschine in Form eines flaumigen Wulstes eingeführten Fasern leicht auf, und zwar in jeweils kleinen Mengen mittels der vorstehenden Nadeln, so daß überschüssige Mengen während der Aufwärtsbewegung des Riemen wieder abfallen. Während des Aufwärtssteigens am beweglichen Riemen werden die Fasern ausgekämmt, wozu ein metallischer mit scharfen Nadeln versehener Rechen dient, der in einer longitudinal zur Bewegung der Faser

gerichteten Vor- und Rückwärtsbewegung betrieben wird. Hierdurch werden die Fasern entwirrt und ausgebürstet (Abb. 991). Aus der Öffnung der Maschine fallen nun die Fasern in einen Trichter, von dem sie in freiem Fall in eine andere, »Willow« genannte Zerteilmaschine gelangen.⁴

Diese Maschine besteht aus einem zylindrischen Körper von ungefähr 5 Fuß Durchmesser, in dem eine Anzahl von Schaufeln oder Flügeln mit hoher Geschwindigkeit um eine zentrische Welle rotieren. Sie erfassen die losen Fasern und erzielen eine sehr vollständige Auffaserung, indem sie die Massen durch einen ähnlichen Satz feststehender, an den

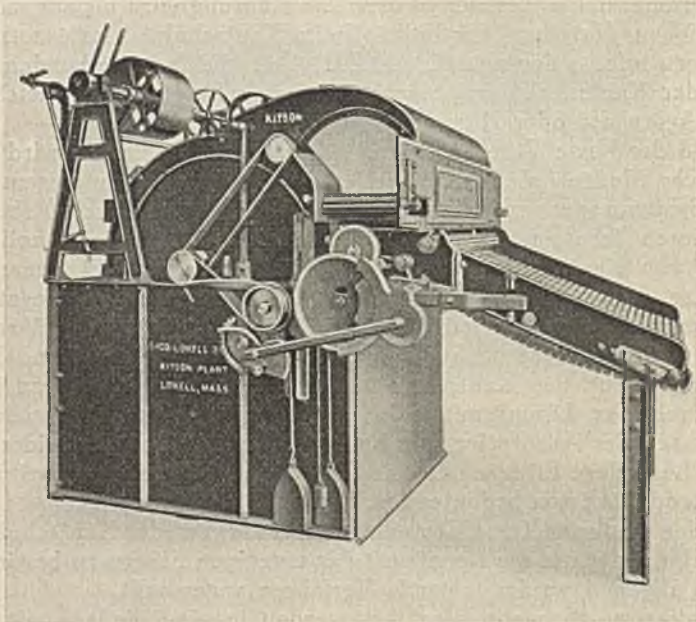


Abb. 991. Willow Type zum Aufschließen von Asbest
(Saco Lowell Shops, USA.)

Seiten der Maschine befestigter Flügel schleudern. Dieser Wirbel separierter Fasern wird nun mittels eines starken saugenden Luftzuges auf eine Distanz von ungefähr 20 Fuß durch eine Röhre von etwa 12 Zoll Durchmesser nach oben gezogen, die in einer vergrößerten, »Zyklon« genannten Öffnung endet, in der ein rasch rotierender Ventilator angebracht ist. Sowie die durchgewirbelten Fasern von den Ventilatorflügeln erfaßt werden, wird der feine Staub, von dem eine nicht unbedeutende Menge entsteht, als Abfall in die Luft geblasen. Die durch die schlagende Wirkung der Ventilatorflügel noch weiter aufgeteilten Fasern sinken nun infolge ihrer Schwerkraft langsam durch ein zweites Rohr in die die Kautschuklösung enthaltende Rührvorrichtung. Die in feinsten Aufteilung vorliegenden Fasern senken sich ganz allmählich in die gerührte Kaut-

⁴ Siehe auch Abschnitt »It-Platten«, S. 1251, sowie Abb. 923

schuklösung, werden von den rotierenden Flügeln erfaßt und nun zwischen die im Winkel zueinander wie vorbeschrieben versetzten Flügel des Rührwerkes gezogen oder geschlagen. Hierdurch wird jede Faser oder jedes Faserbündelchen mit Kautschuklösung überzogen oder benetzt. Diese mechanische Wirkung bedingt auch ein weiteres Aufbrechen der vorher zugesetzten anorganischen Füllstoffe. Da während dieses Verfahrens durch Reibung erhebliche Temperaturen entwickelt werden, muß die Rührvorrichtung zwecks Vermeidung von Verdampfung des Lösungsmittels mit einem Wasserkühlmantel umgeben sein. Wenn die gesamte Fasermasse in die Mischung eingebracht worden ist, wird die Rührung noch mehrere Stunden fortgesetzt, um die Fasern noch tüchtig auszukämmen und zu überziehen und etwa in den früheren

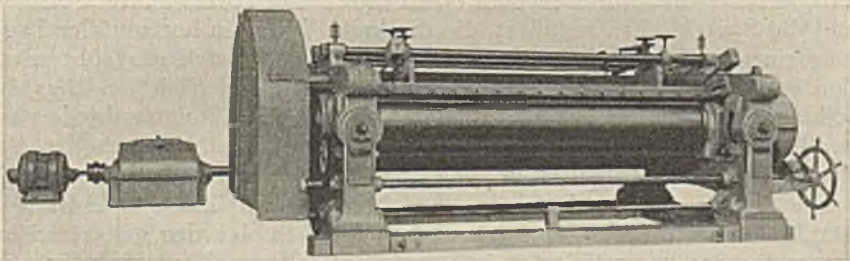


Abb. 992. Plattenformkalander (Farrel-Birmingham Co., Inc. USA.)

Arbeitsgängen noch nicht aufgebrochene Anhäufungen zu zerteilen. Die fertige Masse, die pastenartige oder schlüpfrige Konsistenz aufweist, wird aus der Rührvorrichtung entleert, indem sie durch ein Schiebeventil am Boden des Rührers mittels der rotierenden Flügel in Stahlfässer gedrückt wird. Sie ist nun für die Verformung in Platten fertig.

Dies erfolgt auf einer als Plattenkalander (Sheeter) bekannten Maschine (Abb. 992).⁵ Er besteht aus zwei horizontal gelagerten abgeschreckten Eisenwalzen, die ähnlich wie Kautschukwalzwerke in schweren Rahmen montiert sind. Die Walzen sind im allgemeinen 126 Zoll lang, der Durchmesser der einen beträgt 38, der der anderen 24 Zoll. Die Walzen weisen eine Bohrung auf, um Erhitzung und Kühlung zu ermöglichen und laufen mit gleicher Geschwindigkeit gegeneinander. Die große Walze wird von einem 50-PS-Motor betrieben und treibt ihrerseits die kleine Walze mit Hilfe von an beiden Walzenenden angebrachten Zahnrädern. Die Distanz zwischen den beiden Walzen ist mittels Zahnradgetriebes und Sperrklinke einstellbar und so konstruiert, daß die kleinere Walze von der großen mit gleichmäßiger langsamer Geschwindigkeit entfernt werden kann. Um nun die im Rührwerk vorbereitete Masse zu einer Platte vorformen zu können, wird die große Walze des Plattenkalanders auf eine Temperatur von 65 bis 93° C je nach der Art der Mischung geheizt. Die durch zirkulierendes Wasser auf Zimmertemperatur gekühlte kleinere Walze wird nun stramm gegen die große Walze

⁵ Siehe auch Abschnitt »It-Platten«, S. 1251

geführt. Nachdem entsprechende Führungen für die Masse an den Walzenenden angebracht worden sind, wird der Faserteig zwischen die Walzen in Wulstform aufgelegt und die Herstellung der Platte beginnt. Der Faserteig ist infolge Überschusses an Benzin sehr plastisch, weist aber so gut wie gar keine Klebrigkeit auf. An der Berührungsstelle der heißen und kalten Walze aufgebracht, bedingt, daß der mit der heißen Walze in direkte Berührung kommende Teig sein Benzin sehr rasch durch Verdampfung verliert, hierdurch sehr hohe Klebrigkeit entwickelt und sich als dünner Film von ungefähr 0,006 Zoll Dicke über die gesamte Oberfläche der rasch rotierenden Walze anlegt. In dem Maße, in dem der getrocknete heiße, stark an der Walze anliegende Film mit der plastischen Mischung im Wulst in Berührung kommt, verdampft mehr Benzin, wodurch sich der Film in seiner Dicke aufbaut. Die Geschwindigkeit mit der dies vor sich geht, wird durch das vorerwähnte Getriebe und die Sperrklinken reguliert, die die kalte Walze in horizontaler Lage langsam abziehen, wobei jedoch immer noch der Druck ausgeübt wird, der zur Formung einer Platte hoher Dichte erforderlich ist. Dies ist selbstverständlich ein kontinuierlicher Vorgang, so daß man auf jede vorbestimmte Dicke bis zu einem Maximum von $\frac{3}{8}$ Zoll, je nach der Art der Mischung, aufbauen kann.

Die Struktur der nach diesem Verfahren hergestellten Platte ist, wie bereits erwähnt, nicht vollkommen homogen. Infolge des gallertartigen Zustandes des unmastizierten in Benzin gequollenen Kautschuks ist die gesamte Struktur der Platte aus verhältnismäßig großen Kautschukaggregaten aufgebaut, durchsetzt mit einzelnen oder gebündelten Asbestfasern und Füllstoffen, die bei der Verdampfung des Lösungsmittels, der Hitze und dem Walzendruck zu einer harten Masse ausgebügelt werden, in der der Kautschuk als dünner Film ausgebreitet ist, der die Asbestfasern und die zerdrückten Splitter fest verbindet. Diese Erhärtung oder das Zäherwerden der Platte wird noch dadurch erhöht, daß die Kautschukmischung durch die Temperatur der heißen Walze, auf der die Platte gebildet wird, bis zu einem gewissen Grade anvulkanisiert. Da es sich um eine fasrige Struktur handelt, besteht ein gewisse Neigung, daß die einzelnen Fasern bei der Formung der Platte in der Längsrichtung ausgezogen oder ausgekämmt werden. Infolge der zusammenballenden Eigenschaft der Asbestfasern, die sich, wie vorerwähnt, unter fast allen Bedingungen erhält, besteht die endgültige Struktur der Platte aus laminierten ausgeflachten Bündeln oder Flocken von Asbestfasern, aus denen eine merkliche Menge der plastischen Kautschukmischung durch den Walzendruck ausgequetscht wurde, umgeben von Massen der Kautschukmischung, die Fasern in mehr oder minder individueller Form verteilt enthält.

Sobald die erwünschte Dicke der Platte erreicht ist, schneiden in entsprechendem Abschnitt voneinander angebrachte rotierende Messer die Platte in Streifen, deren Länge dem Walzenumfang entspricht. Diese Streifen werden dann in eine hydraulische Presse verbracht und hier einer zusätzlichen Vulkanisation unterworfen. Hierauf werden sie in die den Bremsbacken entsprechenden Längen geschnitten, mittels eines

kleinen Dreiwalzenkalenders gekrümmt, um dem Backenradius zu entsprechen und dann auf Stahlformen der erwünschten Krümmung befestigt und in Heißluftkammern für mehrere Stunden bei 150 bis 180° C erhitzt, um die Vulkanisation abzuschließen und die erforderliche Härte zu erzielen. Sie werden dann in Probeformen auf Krümmungsradius und Größe geprüft und satzweise verpackt, um für die entsprechenden Bremstypen passend zum Versand zu gelangen.

Es werden zwei Typen von Belägen im allgemeinen hergestellt. Der eine unter der Bezeichnung biegsamer geformter Belag (flexible moulded lining), der in Rollen zum Versand gelangt, und eine harte halbstarre Art (rigid), die nach Länge und Krümmung geliefert wird, um auf ein gegebenes Backensystem zu passen. Während der erstere Typ in den Reparaturwerkstätten für Ersatzzwecke vornehmlich Anwendung findet, wird der letztere zur Ausrüstung von den Automobilfabriken direkt angefordert.

Wie vorerwähnt, hat sich diese Art von Belag bis jetzt besonderer Popularität erfreut. Wegen seines guten Aussehens, der Leichtigkeit des Bohrens sowie der Befestigung auf den stählernen Bremsbacken, seiner engen Toleranzen in bezug auf Dimension und seiner allgemein guten Betriebseignung, hat er sich sowohl beim Ausrüster als auch beim Mann der Reparaturwerkstatt hohe Achtung verschafft.

Wie aus der Beschreibung des Herstellungsverfahrens leicht ersichtlich, lassen sich die Eigenschaften dieses Belagmaterials in verhältnismäßig großen Grenzen durch die Auswahl der Mischungstypen, das Volumen an Kautschuk und die ausgewählten Asbestqualitäten abändern. So weist beispielsweise ein Belag mit verhältnismäßig hohem Reibungskoeffizienten ungefähr folgende Zusammensetzung auf:

Pale Crêpe	12,00 %
Schwefel	5,50 %
Bleiglätte	25,00 %
Schwerspat	7,50 %
»D«-Asbestfaser	20,00 %
»E«-Asbestfaser	30,00 %
	<hr/>
	100,00 %

wohingegen ein Belag mit geringem Reibungskoeffizienten durch folgende Mischung repräsentiert werden kann:

Pale Crêpe	9,00 %
Schwefel	4,50 %
Bleiglätte	10,00 %
Graphit	10,00 %
Gasruß	10,00 %
»D«-Asbestfaser	30,5 %
»E«-Asbestfaser	26,00 %
	<hr/>
	100,00 %

Selbstverständlich hat auch die Mischung für diese Art von Belägen ihre Grenzen. Die angewandte Kautschukmenge kann 20% nicht weit

übersteigen, ohne daß man bei der Plattenbildung auf Schwierigkeiten stößt, die sich dadurch äußert, daß sich die aufbauende Platte mitunter von der heißen Walze ablöst, da die große Kautschukmenge größere Mengen Lösungsmittel einschließt, als durch die anwesende Temperatur verdampft werden könnte. Trifft dies ein, so muß die Maschine angehalten und die Platte entfernt werden. Eine andere Schwierigkeit, die sich oft ergibt, ist ungleichmäßige Packung der gemischten Fasern auf der heißen Walze, wodurch sich eine Platte mit sehr rauher Oberfläche aufbaut. Dies beruht zumeist darauf, daß die kalte Walze zu rasch abgehoben wird, so daß große Mengen der Mischung sich auf der aufbauenden Platte festlegen, solange diese noch merkliche Mengen Lö-



Abb. 993. Kupplungsbeläge mit eingelassenen Nietensenkungen
(Johns-Manville Corp., USA.)

sungsmittel aufweist. Bei der nächsten Umdrehung rutschen diese noch Lösungsmittel enthaltenden Massen unter dem Wulst durch, ohne zusätzliche Fasern aufzunehmen, wodurch allmählich eine vertiefte Fläche in der Oberfläche der Platte entsteht.

Es ist auch erforderlich, die richtige Mischung der Fasern in bezug auf Länge auszuwählen. Bei zu langen Fasern besteht die Gefahr, daß die Platte schwammig und von rauher Oberfläche ist.

Ein anderes Produkt, das aus diesen Platten hergestellt werden kann, sind Kupplungsbeläge, wie sie vornehmlich in allen Arten von Automobilkupplungen Anwendung finden (Abb. 993). Zu diesem Zweck wird die fertige Platte flach auskalandriert und kreisförmige Beläge oder Segmente mittels einer Stanze auf die richtige Größe geschnitten. Sie werden dann in einer Presse oder in einem erhitzten Ofen vulkanisiert, die Oberfläche geschliffen und im allgemeinen gebohrt, um auf eine gegebene Kupplungsgröße zu passen.

5. Geformte Bremsbeläge und Kupplungsbeläge — gespritzte Art

Kürzlich wurde nach einem patentierten Verfahren (A. P. 1785 701) ein bisher nicht üblicher Typ von Bremsbelägen, zumindest vom Standpunkt »Kautschuk gebundener Fasermassen«, hergestellt und auf den Markt gebracht. Diese Entwicklung beruht auf dem Ausstoßen oder sogenanntem »Spritzen« eines Kautschukteiges von hohem Gehalt an Asbestfaser durch eine entsprechende Düse. Die Anwendung des sogenannten Spritzverfahrens ist bei Kautschukmischungen in der Industrie seit langem bei der Herstellung von Schläuchen, bei der Kabelfabrikation sowie bei der Vorformung von Massivreifen üblich. Das Verfahren besteht im Prinzip in der gleichmäßigen Zuführung der Mischung in einen heizbaren Zylinder, in dem eine engsitzende Schnecke die hinreichend steife Mischung nach vorn durch eine Düse aus der Maschine preßt. Die in dem neuen Verfahren angewandte Mischung ist aber weich und infolge der Anwesenheit merklicher Mengen von Lösungsmittel plastisch und schlüpfrig und weist nur sehr geringe Klebrigkeit auf. Würde man versuchen, eine derartige Mischung durch eine Spritzmaschine zu pressen, so würde sich das Material im Gewinde der Schnecke festsetzen und infolge seiner pastenartigen Konsistenz nicht durch die Düse treten. Um diesen Umstand zu überbrücken, mußte eine verhältnismäßig komplizierte Apparatur konstruiert werden, bei der mittels direkten hydraulischen Druckes eine zufriedenstellende Auspressung der Mischung in der jeweils gewünschten Form möglich ist. Die angewandte Mischung ist in Zusammensetzung und Konsistenz den auf dem Plattenkalandar aufgebauten angewandten Faserteigen sehr ähnlich, doch benötigt die Konsistenz und das Verhältnis des Lösungsmittels zu den Festbestandteilen eine erhebliche Genauigkeit, damit die Form, Größe und Dichte des ausgespritzten Materials einheitlich ist. Die Details der mechanischen Konstruktion können zwar in gewissen Grenzen Abänderungen erfahren, doch läßt sich das Verfahren im Prinzip folgendermaßen beschreiben: Der plastische Teig, der genau so hergestellt werden kann, wie bereits bei den plattenförmigen Bremsbelägen besprochen, wird in große starke Stahlzylinder gefüllt und in diesen zu einer festen kompakten Masse, die frei von Luftblasen und von einheitlicher Konsistenz ist, komprimiert. Diese Zylinder werden dann in ein Gehäuse verbracht und die komprimierte Mischung hier mittels Preßkolbens, hohem hydraulischem Druck ausgesetzt. Mit zunehmendem Druck wird die plastische aus Faserstoff und Kautschukmischungsteig bestehende Masse durch eine verlängerte trichterförmige Düse, die an dem Zylinder befestigt ist, ausgestoßen. Diese formt die ausgespritzte Masse in ein endloses Band der gewünschten Größe, das von der Düsenöffnung auf einen endlosen Riemen abgenommen wird. Auf diesem Riemen wird sie einer teilweisen Trocknung unterworfen, so daß nach einer Distanz von ungefähr 75 Fuß die Masse so viel Körper aufweist, daß sie gerollt werden kann. Die so vorgeformten Rollen werden dann wieder auf Horden ausgelegt und in einen Trockenofen zwecks Entfernung der letzten Lösungsmittelreste verbracht. In der Regel wird dies in einer Vakuumkammer, die mit

Dampf von niederem Druck beheizt ist, vorgenommen. Nach erfolgter Trocknung werden die Rollen, die mitunter zwecks Verleihung zusätzlicher Stärke mit einem Streifen drahtdurchwobenen Asbesttuches unterlegt sind, in mehreren Längen in Kanalformen eingeschoben und hier zwischen dampfgeheizten Platten einem hydraulischen Druck ausgesetzt und bis zur halbbiegsamen Beschaffenheit vulkanisiert. Dann werden sie auf Größe zugeschliffen, gestempelt und in Rollenform verschickt.

Wenn starre Typen erwünscht sind, können sie, auf die Länge der Bremsbacke zugeschnitten, in dampfgeheizte gekrümmte Formen verbracht werden, um dem Belag den richtigen Radius zu verleihen und einer zweiten Heizung unterworfen werden, die die biegsamen Stücke in die mehr oder minder harte, starre Form überführt. Sie werden dann geschliffen, gebohrt und die für die Aufnahme der Nieten erforderlichen Aussparungen eingelassen und dann verschifft.

Wenn auch gespritzter Belag eine ähnliche Zusammensetzung wie der Plattentyp aufweisen kann, ist seine Faserstruktur von letzterer völlig verschieden. Die plastische Masse, in der die Bildung der Faserbündel noch immer in mehr oder minder hohem Maße vorliegt, und die der ausziehenden und komprimierenden Wirkung der rotierenden Walzen des Plattenkalenders nicht ausgesetzt war, wird in einer einigermaßen verfilzten oder flockigen Struktur ausgespritzt, die in der folgenden Druckvulkanisation zu einer kompakten Masse verschweißt wird, die, solange sie nicht mit heißen Lösungsmitteln behandelt wird, bestenfalls nur an der Oberfläche überhaupt eine Faserorientierung erkennen läßt. Infolge der ziehenden Wirkung der weichen Mischung gegen die Oberflächen der Düsenplatte ergibt sich beim Ausstoßen eine nicht unerhebliche Ausrichtung der Fasern an der Oberfläche. Unter dieser liegen aber die Fasern in offener verfilzter Form vor. Der aus Platten aufgebaute Belag, der aus stark komprimierten Filmen besteht, weist ohne Zweifel eine laminierte Struktur auf und neigt dazu, ein viel dichteres Produkt zu ergeben, in dem Faserflocken, sofern sie überhaupt anwesend sind, während des Aufbaues des Filmes durch den Walzendruck abgeflacht werden. —

Das Spritzverfahren gestattet auch die Herstellung von Kupplungsbelägen. Zu diesem Zweck wird die plastische Masse unter Druck, ähnlich wie bei der Bandherstellung, durch eine Düse gedrückt, so daß eine Platte von ungefähr 12 Zoll Breite und $\frac{3}{16}$ Zoll Dicke entsteht. Diese Platte wird fortlaufend auf einem Transportband unter eine Presse geführt, die die Masse in Form flacher Ringe der erforderlichen Größe austanzt, während der Abfall zur weiteren Verarbeitung wieder in den Löseprozeß zurückgeführt wird. Diese Ringe oder Beläge werden zwecks Entfernung des Lösungsmittels getrocknet, in Formen verbracht und geheizt. Ihre Oberfläche wird hierauf abgeschliffen, dann werden sie auf Flachheit, Dichte und Größe geprüft, gebohrt und zum Versand gebracht.

Das Spritz- oder Ausstoßverfahren ermöglicht eine äußerst bequeme und wirtschaftliche Methode der Herstellung von Reibungselementen und ermöglicht dem Mischmeister, weitgehende Abänderungen der Typen sowie der Teilchengrößen der angewandten Materialien, um die

jeweils erwünschten Betriebseigenschaften zu erzielen. In dieser Beziehung weist das Verfahren gegenüber der Plattenfabrikation erhebliche Vorteile auf, da das letztere im allgemeinen auf kleine Teilchengrößen beschränkt ist.

6. Die Anwendung von natürlichem Latex bei Reibungselementen

Die direkte Anwendung von Latex zwecks Herstellung von Kautschukwaren hat in den letzten Jahren die Aufmerksamkeit der Gummi-Industrie stark in Anspruch genommen und zur Durchführung vielseitiger experimenteller Forschungsarbeit geführt. Es ist logisch, daß im Verlaufe dieser Arbeit auch die Anwendbarkeit von Latex zwecks Imprägnierung von Fasermaterialien und insbesondere Asbest für die Herstellung von Bremsbelägen sehr frühzeitig erkannt wurde. Die feinverteilten in einem wäßrigen Medium suspendierten Kautschukteilchen, die die Oberfläche der Asbestfaser leicht benetzen und in höher konzentrierter Form als bei Anwendung von gelöstem Kautschuk vorliegen, schienen einen idealen und wirtschaftlichen Weg zur Erzielung einer wünschenswerten »Kautschuk gebundenen Bremsbelagstruktur« der fertigen Produkte zu versprechen. Im Verlauf der Entwicklungsarbeit ergaben sich jedoch zahlreiche Schwierigkeiten, und es ist der jüngsten Zeit vorbehalten geblieben, Asbestreibungselemente, die mit Latex gebunden sind, fabrikatorisch zu erzeugen.

Die ersten Experimente ergaben, daß der Zusatz von Latex zu Asbestfasern der üblichen Chrysotilart bzw. umgekehrt, eine spontane Koagulation des Kautschuks auf der Faser bewirkte. Es ergaben sich hierdurch harte, zähe durch koagulierten Kautschuk gebundene Faserklumpen, die eine weitere Verarbeitung nicht zuließen. Die weitere Forschung wies darauf hin, daß die Ursache dieses Phänomens vermutlich in der positiven elektrischen Ladung der angewandten Asbestfaser zu suchen war, die durch Neutralisation der negativen Ladung der Kautschukteilchen spontane Koagulation bedingte. Ein anderer Grund, dessen Effekt meines Wissens nach noch nicht genau bekannt ist, ist die Alkalität des Wassers, in dem die Asbestfaser suspendiert ist. Es weist ein p_H von 9,2 auf. Diese Phänomene sind vermutlich Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten gewesen, und es wurden verschiedene Vorbehandlungen der Asbestfaser zwecks Vermeidung einer vorzeitigen Latexkoagulation mit einem gewissen Grad von Erfolg ausgearbeitet.

Eine Methode, die ohne besondere Vorbehandlung der Asbestfaser die Schwierigkeit überbrückt, und die heute erfolgreiche fabrikatorische Anwendung finden soll, besteht in der Zufügung des mit Wasser stark verdünnten Latex im langsamen Fluß zu dem in Wasser suspendierten in einem Holländer bewegten Asbestbrei. Der Latex, der bis auf 2½% Festbestandteile verdünnt im Holländer zugesetzt wird, koaguliert vermutlich sofort auf der Oberfläche der Fasern, jedoch klumpen die Fasermassen infolge der starken Verdünnung des Latex und seiner über eine große Oberfläche vorliegenden Verteilung nicht zusammen und teilen

sich durch die bürstende Wirkung der Rührwalze leicht auf, so daß eine weitere Verarbeitung möglich ist.

Ein anderer Faktor, der die Verarbeitung von Latex bei der Herstellung von Mischungen für Reibungselemente begünstigt, ist die ungewöhnliche Eigenschaft der Asbestfaser, anorganische Materialien, sofern sie eine kleine Teilchengröße aufweisen und kein zu hohes spezifisches Gewicht besitzen, leicht zu adsorbieren. So werden Füllstoffe wie Zinkoxyd, Kreide, Schwerspat, Calciumhydrat, Eisenoxyd und bis zu einem gewissen Grade auch Bleioxyd von der Faser in wäßriger Suspension leicht gehalten, ja, wenn sie als Staub Anwendung finden, und hinreichende Bewegung vorgesehen ist, tritt sogar Adsorption in der Luft ein. Diese Eigenschaft erleichtert die Herstellung von Reibungselementen aus Latex und Asbestfaser erheblich, da sich die Herstellung feiner Füllstoffverteilungen unter Anwendung von Schutzkolloiden erübrigt. Wenn auch die Einzelheiten des Verfahrens zur Herstellung von Reibungselementen aus Latex nicht allgemein bekannt sind, so ist es erwiesen, daß sich ein derartiges Produkt unter Anwendung der bekannten Papierpappenmaschine herstellen läßt.

Lockere Asbestfasern mittelkurzer Art, die in Wasser suspendiert sind, werden in einem Papierholländer leicht geschlagen, bis sie gründlich aufgeschlossen und verteilt sind. Dann werden verschiedene auch sonst in Kautschukmischungen übliche Füllstoffe zugesetzt und mittels der Mischwalze gründlich durch die Fasermasse verteilt. Nun wird die Mischwalze von der Bodenplatte gehoben, ohne daß sie stillgelegt wird, und nun normaler Latex oder Latexkonzentrat, wie z. B. Revertex, der vorher auf etwa 21½% Festbestandteile verdünnt wurde, in dünnem Strahl der Fasermasse zugeführt. Mit zunehmendem Zusatz von Latex tritt eine allgemeine Verdickung und langsamerer Lauf der Masse ein, jedoch zeigt sich keine Neigung zur Bildung von Faserbündeln, wie dies bei unverdünntem Latex der Fall ist. Das Wasser wird völlig klar und zeigt hiermit an, daß die Kautschukteilchen auf der Oberfläche der Fasern koaguliert sind oder in den Aggregaten eingeschlossen sind und daß sozusagen gar kein frei verbleibender Kautschuk übrigbleibt.

Nach gründlicher Durchmischung, die ungefähr 30 Minuten dauert, wird die Fasermasse in eine Kammer gepumpt und hier auf ungefähr 3% Festbestandteile verdünnt. Von hier läuft sie über eine normale Pappenmaschine, auf der sie in Platten der erforderlichen Größe von zumeist ¼ bis ⅜ Zoll Dicke geformt wird, um eine Enddicke von ⅜₁₆ Zoll zu ergeben. Wenn die Platten von der Formwalze der Pappenmaschine abgenommen werden, weisen sie eine laminierte Struktur, die auf gekrümmter Oberfläche aufgebaut wurde, auf. Diese Platten können dann in einem Trockenschrank auf flachen Horden halb oder ganz getrocknet werden, worauf sie mittels hydraulischen Druckes zwischen Preßplatten oder auf einem Kalander gepreßt werden, um die Oberfläche zu glätten und die Dichte zu erhöhen. Hierauf können sie in Streifen vulkanisiert werden, um die Dichte und Härte zu steigern sowie in entsprechend dem erwünschten Radius gekrümmten Formen. Dann werden sie abgeschliffen, gebohrt und satzweise zum Versand gebracht. Aus auf der Pappen-

maschine hergestellten Platten können auch Kupplungsscheibenbeläge oder Segmente der verschiedensten Formen beschnitten und sonst in der vorbeschriebenen Weise weiterverarbeitet werden.

Es ist klar, daß die Arbeitsweise dieses Verfahrens eine große Freiheit in bezug auf die Zusammensetzung der Mischung, der Menge angewandten Kautschuks und des Mischungstypus im allgemeinen zuläßt. Es ist aber einem Verfahren, das auf stark verdünnten wäßrigen Suspensionen der Ingredienzien beruht, durch das spezifische Gewicht dieser Zusätze gewisse Grenzen gesetzt, da bei hohen spezifischen Gewichten durch Absinken der schweren Bestandteile Ungleichmäßigkeiten im fertigen Produkt zu befürchten sind. Ebenso ist es wahrscheinlich, daß nach diesem Verfahren hergestellte Reibungselemente einen höheren Kautschukgehalt erfordern als solche, bei denen gelöster Kautschuk Anwendung findet, da die Bindekraft des dispergierten Kautschuks, wie erwähnt, geringer ist.

Bei der Besprechung der Herstellung von aus Platten geformten Belägen ist darauf hingewiesen worden, daß die in Lösungsmittel gequollenen Kautschukaggregate an der heißen Walze des Kalenders haften, in die sich aufbauende Platte hineingezogen und zu einem dünnen Film ausgepreßt werden, der eine kontinuierliche Bindung durch die ganze Struktur bewirkt. Bei der vorerwähnten Struktur des Latex ist es wohl verständlich, daß die Kautschukteilchen entweder einzeln oder in Aggregaten an oder um die Oberfläche der Asbestfaser koagulieren, ohne jedoch einen kontinuierlichen Film zu bilden, da sie ihre Gestalt in bezug auf Länge, Breite und Dicke bis zur Einwirkung des Vulkanisationsdruckes und Temperatur beibehalten. Erst in diesem Moment wird eine mehr oder minder ausgeprägte Abflachung und Agglomeration der Teilchen erfolgen, die jedoch niemals zur Ausbildung eines bindenden kontinuierlichen Filmes ähnlicher Struktur wie bei Anwendung von Kautschuklösungen führen kann. Dies kann auf der verhältnismäßig geringen Klebrigkeit der Latexteilchen im Vergleich zu der klebrigen und gequollenen Beschaffenheit des mit Lösungsmittel behandelten Kautschuk zurückzuführen sein.

Ein Beispiel einer Bremsbelagmischung, wie sie sich für das vorerwähnte Verfahren eignet, wäre ungefähr folgende:

Revertex (Trockenkautschuk)	16%
Schwefel	7%
Magnesia	3%
Quarzpulver	3%
Graphitpulver	3%
»D«-Asbestfaser	34%
»E«-Asbestfaser	34%
	<hr/>
	100%

Die Asbestfaser wird ausgewogen und ihre ganze Menge einem Holländer zugeführt, in dem sich hinreichend Wasser befindet, um die Zirkulation aufrechtzuerhalten. Die Rührwalze wird auf die Bodenplatte herabgelassen und die Masse so lange geschlagen, bis ein Maximum an

Faserverteilung erreicht ist. Hierbei ist Vorsorge dafür zu treffen, daß die Faser nicht zu stark verkürzt wird, da sie sonst spröde wird. Dann wird die Walze gehoben und die Füllstoffe zweckmäßigerweise durch ein Sieb von 60 Maschen pro Zoll einheitlich eingetragen. Die Mischung wird durch die Rührwalze, die ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll über der Bodenplatte steht, für weitere 20 Minuten leicht geschlagen. Eine Untersuchung der Masse zeigt in diesem Zeitpunkt eine erstaunlich gleichmäßige Verteilung der Füllstoffe an der Oberfläche der Fasern und äußerst geringe Neigung zur Sedimentation. Der Revertex, der vorher auf $2\frac{1}{2}$ bis 3% Festbestandteile durch Einrühren entsprechender Wassermengen verdünnt worden ist, wird nun direkt vor der Rührwalze dem Faserbrei zugeführt. Die Walze wirkt als hervorragende Rührvorrichtung und verteilt die imprägnierten Fasern, wobei sie sie gleichzeitig mechanisch separiert und eine homogene Mischung bewirkt.

Bei Zusatz des Revertex tritt, wie erwähnt, eine ausgesprochene Verdickung und eine Verlangsamung der Masse auf. Nach weiteren 20 Minuten hat sich das Wasser völlig geklärt, die Fasern haben sich gut verteilt und die verdickte oder »langsame« Masse hat normales Aussehen erhalten. Die Masse wird nun in eine Kammer gepumpt und hier auf $2\frac{1}{2}$ % Trockensubstanz verdünnt und auf die Pappenmaschine verbracht.

Ebenso wie mit künstlich dispergierten Mischungen der Faserbrei seines überschüssigen Wassers beraubt und in dichte Platten unter einer hydraulischen Presse an Stelle der Pappenmaschine verformt werden kann, ist dies auch mit Latex möglich. Eine solche Mischung, die eine Stunde bei 135° C und 5 Stunden bei 150° C geheizt wurde, würde sich für Automobile sowohl als Bremsbelag als auch Kupplungsscheibenbelag hervorragend eignen, da sie widerstandsfähig und fest ist, ein gutes Aussehen und hervorragende Schleifeigenschaften aufweist, ebenso wie sich die erforderlichen Versenkungen leicht darin anbringen lassen.

7. Die Anwendung künstlicher Kautschukdispersionen bei Reibungselementen

Die Anwendung von »künstlichem« Latex (allgemein als »wäßrige Kautschukdispersion« bekannt) hat während der letzten 3 bis 4 Jahre zum Zwecke der Herstellung von Reibungselementen das größte Interesse der Fabriken gefunden. Die allgemeine Struktur dieser Dispersion ist der von natürlichem Latex sehr ähnlich, handelt es sich doch auch hier um eine kolloide Suspension von Kautschukteilchen, die eine Schutzhülle aufweisen, in Wasser. Sie unterscheiden sich von natürlichem Latex dadurch, daß sie aus Kautschuk entweder in rohem, gemischtem oder regeneriertem Zustand bestehen, der auf Walzwerken niedergebrochen oder mastiziert worden war. Sie können in weiten Grenzen der Teilchengröße sowie mit veränderlichem Stabilitätsgrad dispergiert werden, und können durch Anwendung verschiedener Arten von Schutzstoffen auch in ihren Eigenschaften abgeändert werden.

Es gibt im allgemeinen drei Typen. Die mit plastischem Ton dispergierten geben ein fertiges Produkt, dessen Biegsamkeit dem aus undis-

pergiertes Mischung hergestellten ähnelt, wenn es vielleicht auch etwas trockener ist. Die mit Eiweißstoffen wie Kasein oder Leim dispergierten ergeben Produkte größerer Steifheit, und schließlich ergeben die mit Seife dispergierten ein Produkt, das der getrockneten Mischung erhöhte Klebrigkeit verleiht. Zur Herstellung von Reibungselementen lassen sich alle drei Typen anwenden, doch gibt man der Tondispersion den Vorzug, da hier wie bei natürlichem Latex eine wäßrige Suspension von Kautschuk mit mikroskopischer Teilchengröße eine ideale Möglichkeit zur Bildung homogener Mischungen mit Asbestfasern ergibt.

Die erste Stufe besteht in der Dispergierung der Kautschukmischung. Rohkautschuk mit oder ohne Regenerat wird auf einem Walzwerk oder in einem Banbury-Mischer niedergebrochen und dieser Charge ungefähr 15% eines plastischen Tones (Bentonit oder Wilkinit) gut beigemischt. Hierauf werden die noch vorgesehenen anderen Füllstoffe in üblicher Weise zugefügt. Nach gründlicher Durchmischung wird nun während des Weiterlaufens der Mischmaschine Wasser in kleinen Mengen, und zwar von jeweils 1 bis 4 ozs. zugefügt, bis es von der Mischung ganz aufgenommen ist. Mit zunehmender Aufnahme von Wasser wird die Masse weicher und plastischer, so daß die Geschwindigkeit, mit der zusätzliches Wasser absorbiert wird, erheblich steigt. Schließlich nimmt die Masse die Konsistenz einer dicken Farbe an, und nun kann Wasser in nahezu beliebigen Mengen zugefügt werden, ohne die Struktur der Dispersion mehr brechen zu können.

Der Mechanismus der Kautschukdispersion bzw. der Dispersion von Kautschukmischungen ist nicht eindeutig geklärt und es liegen lediglich theoretische Vorstellungen vor. Allgemein wird aber angenommen, daß das Wasser, das vom Kautschuk absorbiert wird, mechanisch durch die gesamte Masse feinst verteilt wird, wodurch es durch den dispergierenden Ton, Leim oder die Seife aufgenommen werden kann, die nun quellen und die Kautschukstruktur mechanisch zerstören, von dem sie bei ihrer Einmischung in die trockene Masse benetzt wurden. Diese Reaktion ist fortschreitend, so daß zunehmende Wassermengen in die sich öffnende Struktur eindringen und größere Mengen des Dispergierungsmittels zur Quellung bringen können, bis schließlich diese Wirkung die Teilchengröße des Kautschuks bis nahezu auf Latexteilchengröße verringert hat und eine stabile Dispersion entstanden ist.

Die Anwesenheit des Dispergierungsmediums hat insbesondere bei Anwendung von plastischem Ton einen merklichen Einfluß auf die Eigenschaften der Mischung. Eine solche Dispersion zeigt in trockenem Zustand im Vergleich zu nicht wasserdispergierten Mischungen einem merklichen Widerstand gegen die Einwirkung von kaltem oder heißem Benzin und Mineralöl. Andererseits ist aber festgestellt worden, daß getrocknete, mit Ton dispergierte Mischungen nicht dieselbe Binfähigkeit mit Asbestfasern aufweisen können, als Mischungen, die unter Anwendung von Lösungen hergestellt wurden. Es wird angenommen, daß dies auf der Erscheinung beruht, daß der Ton die Kautschukteilchen umgibt und ihre Haftfähigkeit oder die Ausbildung eines kontinuierlichen Filmes selbst bei Anwendung von Hitze und Druck erschwert. Des weiteren hat

sich erwiesen, daß bei merklicher Verringerung des Tonvolumens eine Steigerung der Bindefähigkeit erzielt wird, der Widerstand gegen die Einwirkung von Benzin oder Öl aber proportional sinkt.

Aus diesen Beobachtungen und auf Grund von Laboratoriumsversuchen hat sich die Auffassung herauskristallisiert, daß die verbindende Struktur von Asbestfasern, die mit einer dispergierten Kautschukmischung behandelt und hierauf getrocknet wurden, aus einzelnen Teilchen oder Aggregaten der Kautschukmischung besteht, deren Oberfläche mehr oder minder mit plastischem Ton bedeckt ist, so daß sie der Verbindung zu einem kontinuierlichen Film unter der Einwirkung von Hitze und Druck Widerstand leisten.

Wie bereits erwähnt, bieten wäßrige Dispersionen von Kautschukmischungen ungeahnte Möglichkeiten für die Herstellung von Reibungselementen in Verbindung mit Asbestfasern. Das suspendierende Medium ist billig, die benetzende Wirkung der Faser vollständig, und mit wenigen Ausnahmen können fast alle Mischungstypen sowohl mit großer als auch kleiner Teilchengröße zur Erzielung der gewünschten Eigenschaften des fertigen Produktes herangezogen werden. Des weiteren besteht dank der hohen Stabilität der Dispersion nur sehr geringe Neigung zu vorzeitiger Koagulation, wenn die Tondispersionen direkt der wäßrigen Asbestaufschlämmung im Holländer zugesetzt werden. Die Verarbeitung ist deshalb gegenüber natürlichem Latex sicherer. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß das Verfahren auch den Zusatz bituminöser Substanzen wie Harze, Öle und dergleichen, sei es nun zur ursprünglichen Kautschukmischung oder in Form einer Emulsion, gestattet.

Nach erfolgter Dispergierung der Kautschukmischung ist die weitere Bearbeitung der bei Latex bereits beschriebenen analog.

Während des Aufbaues der laminierten Platte auf der Pappenmaschine ergibt sich noch die Möglichkeit, andere Substanzen zuzusetzen, die infolge ihres Gewichtes oder ihrer Größe in der stark verdünnten Masse nicht in Schwebe gehalten werden. So können metallische Körper wie Blei, Zink, Zinn, Aluminium, Messing usw., sei es nun als Pulver oder in jeder erwünschten Größe, mittels mechanischer Verteilungsvorrichtungen auf die Oberfläche des auf dem Papierfilz sich formenden nassen imprägnierten Faserfilmes aufgestreut werden, so daß sie sich in die auf der Formwalze aufbauende Struktur einlagern können und in der fertigen Struktur fest und einheitlich verankert sind.

Die aufgebauten Platten werden dann getrocknet, gepreßt oder kalandriert, wobei sie zwecks Erhöhung der Dichte und des Verbundes in ihrer Dicke um 25 bis 50% reduziert werden. Die weitere Verarbeitung zu biegsamen Streifen oder starr geformten Backenbelägen erfolgt wie bereits beschrieben. Die fertige Struktur ist natürlich laminiert, da sie sich aus Filmen von 0,003 bis 0,006 Zoll Dicke aufbaut und als solche hohe Strukturfestigkeit aufweist, die der Scherwirkung der Nieten im Betrieb großen Widerstand entgegensetzt.

Aus Mischungen von dispergiertem Kautschuk und Asbestfasern können noch andere Strukturtypen hergestellt werden, die erhebliche Vorzüge aufweisen. Anstatt die Asbestfaser in starker Verdünnung mit

Wasser in einen Holländer zu verbringen, wird sie in einen Teigknetter verbracht. Es wird gerade genügend Wasser, zumeist 50%, zugefügt, um die Masse verarbeitbar zu machen. Dispergierte Kautschukmischung mit ungefähr 30proz. Konzentration wird zugefügt und die Mischung nun durch die besonderen Rührflügel gründlich gemischt. Auch andere Materialien wie Metalle können als Pulver oder verhältnismäßig grobe Stücke eingemischt werden. Der homogene Teig wird nun in einer Form unter einer hydraulischen Presse verbracht. Der Boden der Form besteht aus einer oder mehreren perforierten Metallplatten, auf die ein Wollfilz zur Aufnahme der plastischen Masse gelegt wird. Nun kann Druck bis zu 4000 lbs. pro Quadratzoll angewandt und das überschüssige Wasser durch den Filz und die perforierten Grundplatten abgepreßt werden. Dann werden die Wände der Form, die »stripper« genannt wird, von der Grundplatte abgehoben, die komprimierte Platte entnommen und im Ofen getrocknet. Die Oberflächen können dann durch Durchziehen durch einen Zweiwalzenkalander geglättet werden, worauf Streifen der erforderlichen Breite und Länge aus der Platte geschnitten werden, die, wie vorbeschrieben, in oder auf Formen vulkanisiert werden. Die Struktur ist sehr homogen, einheitlich und je nach angewandtem Druck sehr dicht. Da hier kein Lagenaufbau vorliegt, sind die Fasern in Form einer verfilzten Struktur vorhanden, und ist das Produkt aus diesem Grund für bestimmte Zwecke anderen weit überlegen.

Kupplungsbeläge oder Segmente können sowohl nach dem Holländer- wie dem vorerwähnten Verfahren wirtschaftlich hergestellt werden, da der Abfall, der durch Ausschneiden der Ringe und Formen entsteht, vor der Trocknung dem Holländer oder Knetter direkt wieder zugeführt werden kann.

Obwohl die Beschreibung des Verfahrens ohne weiteres zeigt, daß wir es hier mit einer sehr bequemen und wirtschaftlichen Herstellungsart zu tun haben, befindet sich dieselbe noch im Entwicklungsstadium, und es sind heute noch so gut wie keine derartigen Produkte auf dem Markt. Es ist aber anzunehmen, daß weitere Forschung zu einer allgemeineren Anwendung dieses Verfahrens führen wird, insbesondere wenn der Umsatz die Einführung Zeit und Arbeit sparerer Anlagen rechtfertigen läßt.

8. Die Prüfung von Bremsbelägen

Die größte Schwierigkeit, die ein mit der Entwicklung von Bremsbelägen beschäftigtes Forschungslaboratorium zu überwinden hatte, ja vielleicht noch überwinden muß, ist der Mangel an passenden Laboratoriums-Prüfmethoden zur Feststellung der tatsächlichen Betriebseigenschaften. Mit der Einführung des Automobils gab es die einzige Möglichkeit zur Qualitätsbestimmung eines Reibungselementes, indem man es in einen Wagen einbaute und die Ergebnisse abwartete. Zu dieser Zeit wurden Bremsvorrichtungen nur an den Hinterrädern angebracht, sie bestanden aus einer gepreßten kohlenstoffreichen Stahltrommel, an der ein biegsames Stahlband befestigt war, das wieder mit dem Bremsbelagmaterial belegt war, und das durch Aufpressen auf den äußeren Umfang

der Trommel wirkte. Diese Vorrichtungen waren roh konstruiert und ausgeführt, und die Tatsache, daß sie immerhin bis zu einem gewissen Grad zufriedenstellende Ergebnisse zeitigten, ist mehr auf die sehr mäßigen Beanspruchungen der damaligen Zeit als auf hervorragende Konstruktion und Qualität der angewandten Materialien zurückzuführen.

Die Schwierigkeiten sachgemäßer Beurteilung wurden noch dadurch gesteigert, daß auch die Einstellvorrichtungen der Bremsen in ihren Kinderschuhen steckten, so daß unzufriedenstellende Wirkung meist auf

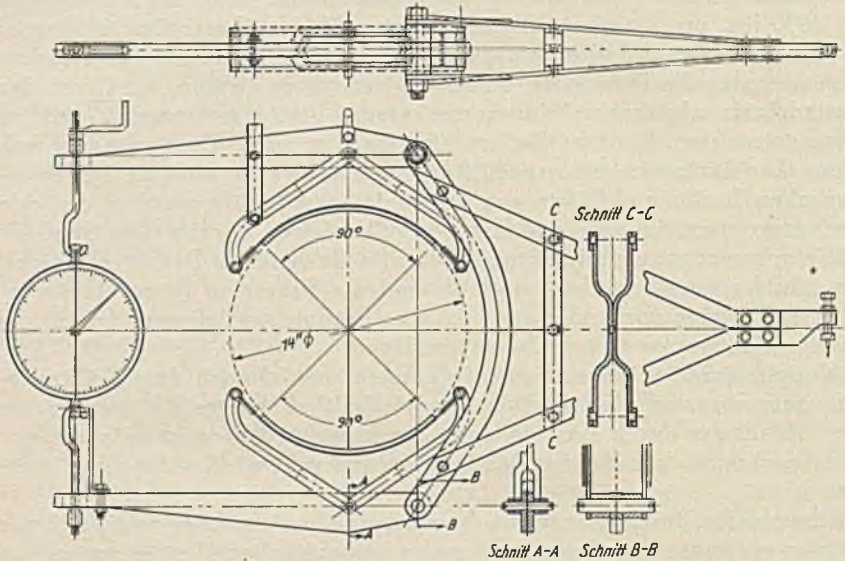


Abb. 994. Bremsbelagprüfmaschine

Original des *Bureau of Standards*. Der Belag wird an den biegsamen Stahlblättern befestigt (ober- und unterhalb der Trommel). Der Druck wird an der Skala links abgelesen. Die Drehkraft wird durch den Druck einer Nadel auf eine Skala (ganz rechts) ermittelt.

unsachgemäße Bremseneinstellung und nicht auf die Qualität des Belages zurückzuführen war. Trotz dieser Verwirrung forderte die zunehmende Beliebtheit und Entwicklung des Automobils, daß geeignete Prüfvorrichtungen konstruiert und Prüfmethode entwickelt wurden, um dem Fabrikanten die Beurteilung der Qualität seines eigenen Produktes unter kontrollierbaren Bedingungen tunlichst im Laboratorium zu ermöglichen sowie um ihm die Möglichkeit zu schaffen, Verbesserungen zwecks Anpassung an die steigende Verkehrsdichte an seinem Belagsmaterial zu überprüfen.

Im Jahre 1921 versuchte das *Bureau of Standards* in Zusammenarbeit mit einem von der *Society of Automotive Engineers* bestellten Komitee eine annehmbare Konstruktion und Arbeitsmethode zur Prüfung von Bremsbelägen auf Grund einer Bestimmung des Friktionskoeffizienten und der Abnutzungsgeschwindigkeit unter kontrol-

lierten Bedingungen auszuarbeiten (Abb. 994). Der vornehmliche Zweck bestand in der Ausarbeitung von Einkaufsbedingungen für Bremsbeläge, die vom United States Government übernommen wurden. Das Ergebnis dieser Arbeit ist in einem Bericht von Dr. S. von Ammon in den S. A. E. Transactions Bd. 17, Teil 1, Seite 478, enthalten. Es wurde eine Prüfmaschine konstruiert und gebaut, die aus einer aus Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt bestehenden Trommel bestand, die auf einer mittels Motor betriebenen Welle montiert war. Oben und unten waren zwei biegsame Stahlbänder an die Trommel anpreßbar, die mit dem zu untersuchenden Belag bezogen waren. Jedes Band bedeckte in Bremslage einen Winkel von 90° . Mittels geeigneter Meßvorrichtungen konnte der gesamte auf den Belag ausgeübte Druck, der Abrieb und die entwickelte Drehkraft bestimmt werden. Bei Ausführung des Versuches wurde die Trommel mit einer Geschwindigkeit von 600 Umdrehungen pro Minute betrieben und der Druck auf den Belag hinreichend gewählt, um eine Kraftaufnahme durch den Belag von 6 PS zu ergeben. Der Druck wurde während des Betriebes so eingestellt, um Abänderungen im Friktionskoeffizienten jeweils zu korrigieren. Alle 5 Minuten wurden Ablesungen für den Druck, Abrieb und Drehkraft vorgenommen, aus denen der Friktionskoeffizient und die Abriebsgeschwindigkeit des Belages errechnet und als Kurve aufgetragen wurden.

Infolge der Geschwindigkeit der Trommel und der dauernden Belastung des Belages ergab sich eine so große Hitzeentwicklung, daß die tatsächlichen Eigenschaften der Belagsimpregnierung in den meisten Fällen verloren gingen und lediglich die Qualitätsunterschiede der verbleibenden Asbeststruktur, wie sie sich aus der Webart und der Faserqualität ergeben, registriert wurden. Dennoch wurden viele wertvolle Angaben über Friktionskoeffizienten und Abriebseigenschaften von Bremsbelägen bei schwerster Beanspruchung erhalten und die Anlage gab immerhin eine gute Grundlage für die weitere Entwicklung von Konstruktionen und Meßmethoden.

Im Jahre 1927 veröffentlichte Dr. S. von Ammon des Bureau of Standards eine weitere Arbeit in den S. A. E. Transactions, Teil 2, Seite 120, in der er eine Verbesserung der ersten Prüfmaschine beschreibt und die Arbeitsweise sowie die angestellten Versuche erörtert. Die Versuche wurden auch mit der Hälfte der früheren Umdrehungsgeschwindigkeit, also mit 300 Umdrehungen pro Minute und ohne den früheren schädlichen Einfluß der Temperaturen, durch Anwendung von mit Wasser gekühlten Trommeln, studiert. Auch bei dieser Apparatur war Dauerbeanspruchung vorgesehen, da sie vornehmlich zur Bestimmung der Abriebsgeschwindigkeit und des Reibungskoeffizienten konstruiert war (Abb. 995). Dr. v. Ammon beschreibt in seiner Arbeit auch die verschiedenen Typen von Prüfmaschinen, die unabhängig vom Fabrikanten von Bremsbelägen und Bremsen konstruiert worden waren. Wenn sie auch in Konstruktion und Arbeitsweise sich stark voneinander unterschieden, beruhten sie im Prinzip alle auf der Messung der Kraftaufnahme durch den Bremsbelag in Form von Hitze und wiesen ferner geeignete Vorrichtungen auf, um Abrieb, Reibungskoeffizienten und Tem-

peratur zu erfassen. Kurz nach der Einführung der Prüfmaschine des Bureau of Standards wurde von einer der großen Automobilfabriken eine modifizierte Konstruktion unter der Bezeichnung »Carson«-Maschine eingeführt. Die Maschine entsprach im Prinzip der vorerwähnten mit der Ausnahme, daß die der Prüfung unterworfenen Belagsfläche auf ein Stück von 2×6 Zoll verringert worden war, und daß die Trommel durch ein schweres aus Stahl geschmiedetes Rad mit einer

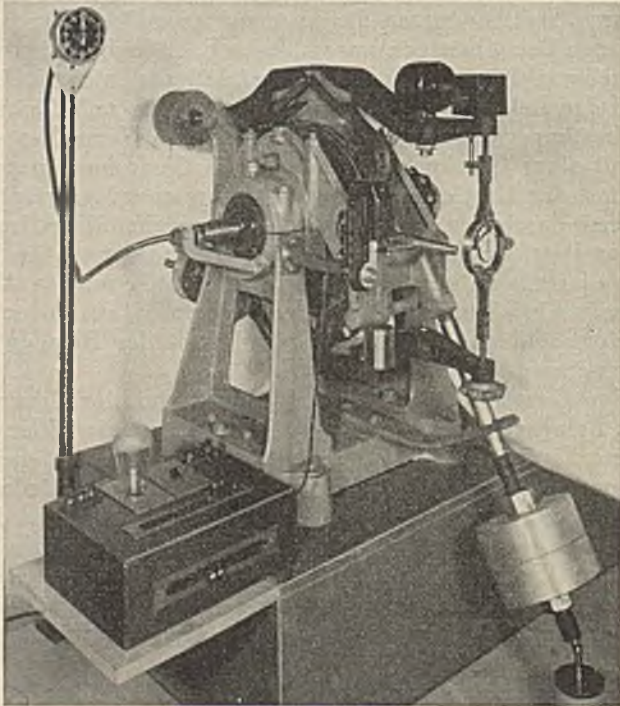


Abb. 995. Derzeitige Prüfmaschine des Bureau of Standards

Lauffläche von 3 Zoll Breite ersetzt worden war, gegen die der Belag einwirkte. Das Prüfstück wurde auf einen Druckarm mittels Stahlnägeln aufgesetzt, die in den Belag eingedrückt wurden. Auch hier handelt es sich um eine Dauerprüfung. Die Umdrehungsgeschwindigkeit betrug 600 pro Minute und der Druck wurde im Betrieb auf eine Kraftaufnahme durch den Belag von 3 PS eingestellt. In einem Abstand von 5 Minuten wurde der Druck an einer an dem Arm befestigten Federwaage und die Drehkraft an einer Skala abgelesen. Der Abrieb wurde mittels eines permanent an den Rahmen der Maschine befestigten Feinkalibers gemessen, das Ablesungen mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{1000}$ Zoll abzulesen gestattete.

Wenn man auch diese Konstruktion als Verbesserung ansehen konnte, da die gesamte entwickelte Hitze die Imprägnierung nicht so sehr zer-

störte, ermöglichte auch diese keine bessere Interpretation der Ergebnisse in tatsächlichen Betriebsbedingungen ausgedrückt, wenn auch wertvolle Vergleichsdaten ermittelt werden konnten. Inzwischen wurden aber auch Vorrichtungen konstruiert, die eine intermittierende Wirkung des Belages während des Versuchs gestatteten. Sie unterschieden sich also radikal von der Arbeitsmethode des *Bureau of Standards*, näherten sich aber um so mehr den tatsächlichen Betriebsbedingungen und zeigten hierdurch deutlich, daß die Industrie auch andere Eigenschaften als den Reibungskoeffizienten und den Abrieb als wichtig ansah.

In dieser Entwicklungszeit, in der die Resultate schwer mit den Straßenergebnissen vergleichbar waren, da die Bremskonstruktionen der einzelnen Automobilfabriken zu stark voneinander abwichen, ergänzten die großen Fabriken von Bremsbelägen ihre Laboratoriumsarbeit mit Probewagen, in denen sie die weiter entwickelten Beläge erprobten. Wenn auch diese Methode die Kosten sowohl in bezug auf Ausrüstung und Betrieb außerordentlich steigerten, steigerten die Ergebnisse die Laboratoriumsversuchen gewonnenen Erfahrungen erheblich und ermöglichten es überhaupt erst, die Laboratoriumsergebnisse und Straßenergebnisse zu einem gewissen Grade vergleichbar zu machen. Des weiteren ergaben diese Versuche aber auch die Zweckmäßigkeit, auch die anderen Eigenschaften der Bremsbeläge genauer zu studieren. Mit der Steigerung der Geschwindigkeit und des Gewichtes der Fahrzeuge sowie Verdichtung des Verkehrs, wurden auch andere Faktoren in steigendem Maße berücksichtigt, wie beispielsweise die Geschwindigkeit der Bremswirkung in Beziehung zum angewandten Druck, Gleichmäßigkeit der Wirkung, Änderung des Friktionskoeffizienten mit der Temperatur, Widerstand gegen Trommelaufrauung und geräuschloser Betrieb. Inzwischen hatten Innenbackenvierradbremzen fast allgemein Eingang gefunden, und die Laboratoriumsversuche wurden nun fast ausschließlich mit dieser Art von Bremskonstruktion ausgeführt, zumal festgestellt worden war, daß die mechanische Wirkung des Bremsvorganges an Innenbackentypen sich von der an Außenbandbremsen erheblich unterscheidet.

Leider sind die Informationen über die verschiedenen entwickelten Prüfmethode wie sie zur Analyse der verschiedenen Eigenschaften von Bremsbelägen entwickelt wurden, nicht verfügbar, jedoch erscheint eine von der Forschungsabteilung einer großen Fabrik durchgeführte Entwicklung, die auch von anderen Laboratorien übernommen wurde, beachtenswert. Diese Anordnung, die unter dem Namen »Inertia-Maschine« bekannt ist, besteht aus einer sechszölligen Welle, an deren einem Ende eine Anzahl auswechselbarer Stahlscheiben befestigt ist, die ein Schwungrad bilden, dessen Gewicht durch die Anzahl der Scheiben regulierbar ist. Am anderen Ende der Welle ist der Typ der Bremse befestigt, auf dem der zu prüfende Belag eingebaut ist. Die mechanische Konstruktion der Bremse sowie die Einwirkung des Belages auf die Trommel ist mit Ausnahme der im Wagen benutzten Gelenke und Gestänge der eines Automobils sehr nahekommend. Die auswechselbaren Scheiben des Flugrades gestatten, das Beharrungsvermögen des Wagens nachzunehmen, für den der Belag bestimmt ist. Da nur eine Bremse der Prüfung

unterworfen wird, wird das Gewicht des Flugrades so eingestellt, daß es einem Viertel eines mit Vierradbremse versehenen Wagens entspricht. Der auf den Belag ausgeübte Druck wird mittels Preßluft vorgenommen und kann somit leicht auf jeden Pedaldruck beim Betrieb des Wagens eingestellt werden. Mittels einer elektrischen automatischen Kontrolle läßt sich jeder Versuch ausführen, und ein Stillstand bei Geschwindigkeiten, die 60 Meilen pro Stunde oder weniger entsprechen, herbeiführen, wobei eine noch größere Freiheit in bezug auf Bremsgeschwindigkeit und Zeitintervall verbleibt. Bei Anwendung nur einer Bremse läßt sich auch die Wirkung eines Belages an Omnibussen und Lastwagen mit einem Gewicht von 20 000 lbs. feststellen. Die Maschine ist außerdem

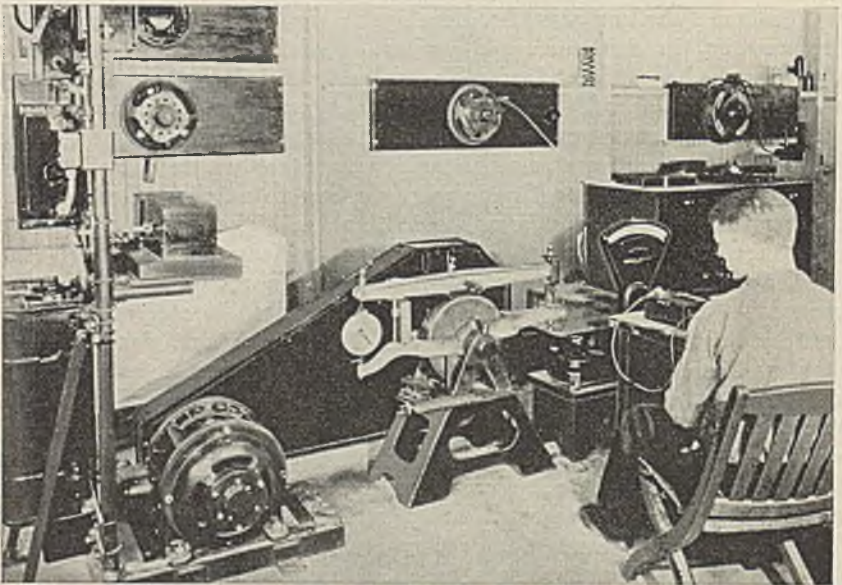


Abb. 996. Carson-Maschine zur Bestimmung des Friktionskoeffizienten bei verschiedenen Temperaturen (Johns-Manville Corp., USA.)

mit automatischer Registriervorrichtung versehen, die einen dauernden Nachweis der Bremswirkung und der Zeitintervalle eines Stillstandes anzeigt. Die Maschine ist mit äußerster Sorgfalt gebaut und ihre Balance so perfekt, daß sie bei voller Belastung des Schwungrades mit einer Hand leicht rotiert werden kann. Ihre große Geschmeidigkeit in der Anwendung ersetzt zum großen Teil die Notwendigkeit der teuren Versuche mit Probewagen auf der Straße.

Die mit den verschiedensten Prüfapparaten erzielten Ergebnisse haben bewiesen, daß die Eignungsbestimmung eines Bremsbelages sich nicht durch einen verhältnismäßig einfachen Versuch auf einer Prüfmaschine ermitteln, sondern daß nur geschickte Interpretation der mittels verschiedener Versuche und Anordnungen erzielten Ergebnisse die Eignung einer spezifischen Bremse ermitteln läßt. Schon bei den ersten Versuchen

an Innenbackenbremsen wurde festgestellt, daß ein Belag, der an einem gegebenen Bremsmechanismus zufriedenstellende Ergebnisse zeitigt, dies nicht immer auch an einer Bremse anderer Konstruktion tun muß. Glücklicherweise ist die Anzahl der heute üblichen Bremskonstruktionen auf 5 oder 6 zusammengeschmolzen, die, da alle vom Innenbackentyp, die

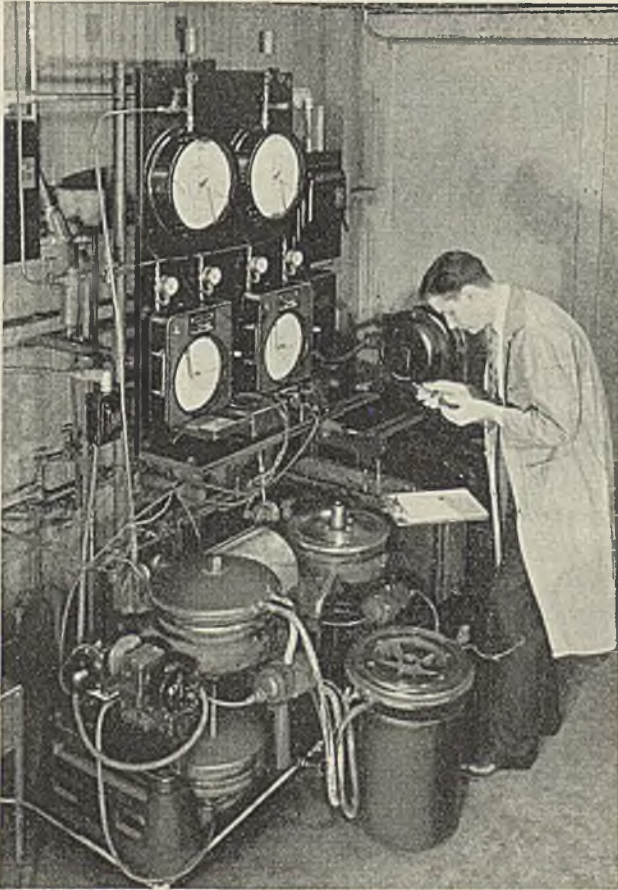


Abb. 997. Prüfmaschine der General Motors zur Bestimmung des Abriebes und des Friktionskoeffizienten (Johns-Manville Corp.)

Entwicklungsarbeit und Prüfarbeit erheblich vereinfachen. Um die Qualitäten eines Bremsbelages durch Ermittlung der als wichtig im Automobilbetrieb anerkannten Eigenschaften zu ermitteln, wird im allgemeinen die folgende Arbeitsweise ungeachtet der Art des Belages empfohlen.

Vorher seien die wichtigsten Eigenschaften nochmals aufgezählt: Reibungskoeffizient, Abriebsgeschwindigkeit, Bremsgeschwindigkeit, Gleich-

mäßigkeit der Bremswirkung, Geräusch, Widerstand gegen Trommelaufrauhung, Einfluß von Feuchtigkeit.

Ein Muster eines Belages, bei dem Erfahrung vermuten läßt, daß er die Erfordernisse erfüllt, die für den Wagen, für den er bestimmt ist, gefordert werden müssen, wird erst einer Analyse des Reibungskoeffizienten unterworfen. Dies kann auf einer Abänderung der oben beschriebenen »Carson«-Maschine erfolgen. Ein Belagsmuster von $2 \times 2 \times \frac{3}{16}$ Zoll wird mit einem Druck von 50 lbs. pro Quadratzoll gegen die Oberfläche der

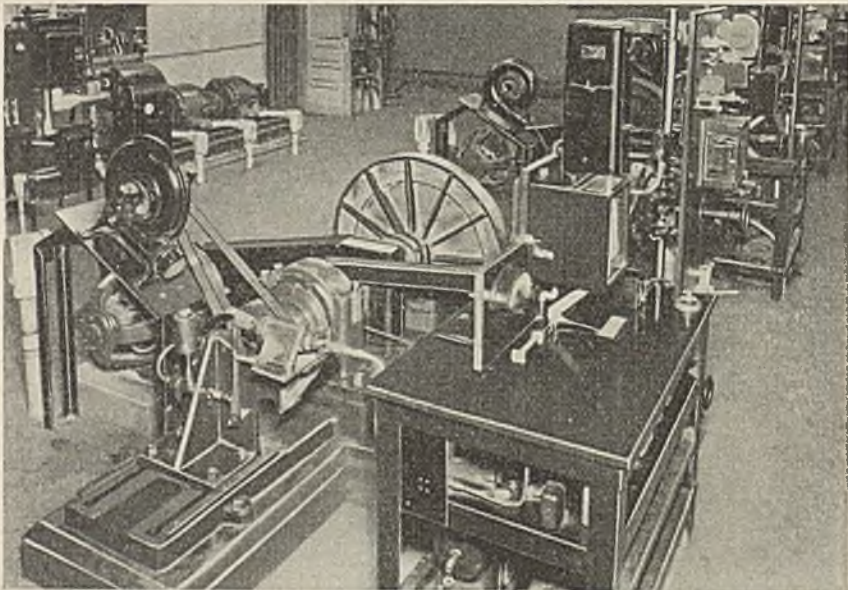


Abb. 998. Prüfmaschine »Inertia« zur Belagsprüfung auf einem Automobil-Bremssystem (Johns-Manville Corp.)

mit 200 oder 300 Umdrehungen pro Minute rotierenden Trommel gepreßt. Der Friktionskoeffizient wird über einen Temperaturbereich ermittelt; die Ablesungen erfolgen mittels in den Belag in der Nähe der Oberfläche eingebrachten Thermoelementes in den Ruhepausen des Versuches. Die Ergebnisse dieses Versuches, wenn aufgetragen, zeigen die Lage und Form der Kurve, die Reibungskoeffizienteneigenschaften des Belages in einem Temperaturbereich von normal bis 310° C und mehr. Die Temperatursteigerung wird durch Verlängerung der Versuchsdauer erzielt (Abb. 996).

Bei der Bestimmung der Abriebsgeschwindigkeit wird eine von den Forschungslaboratorien der General Motors entwickelte Bestimmungsmethode mitunter angewandt (Abb. 997). Diese Maschine besteht aus zwei kreisförmigen horizontalen Platten, deren eine rotiert und in ihrer Oberfläche Nuten aufweist, um drei 1 Quadratzoll große Probestücke in einem Winkel von 120° zueinander aufzunehmen. Eine ähnliche stationäre Platte glatter Oberfläche liegt auf den Oberflächen der Probe-

stückchen mit einem Druck von 50 lbs. pro Quadratzoll. Die untere Platte wird für 18 Stunden oder mehr mit einer Geschwindigkeit von etwa 200 Umdrehungen pro Minute rotiert. Die Temperatur wird mittels Wasser gekühlten Mantels konstant erhalten. Die Maschine ist mit Registriervorrichtungen versehen, aus denen die Abriebsgeschwindigkeit, ausgedrückt in $\frac{1}{1000}$ Zoll pro Pferdekraft/Stunde sowie der Reibungskoeffizient bestimmt werden kann.

Nach Bestimmung des Abriebes und der Reibung wird der Belag auf den Bremsbacken einer Beharrungsmaschine befestigt und das Gewicht des Schwingrades auf ein Viertel des Wagengewichtes, für den der Belag bestimmt ist, festgelegt (Abb. 998, 999). Der Belag wird dann verschie-

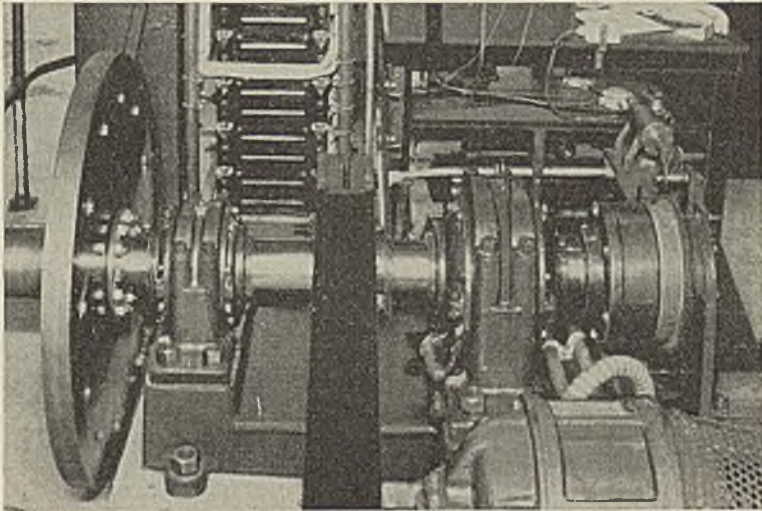


Abb. 999. »Inertia«-Prüfmaschine (Rückenansicht)

dentlich, je nach der Betriebseigenart, der der Wagen unterworfen werden soll, angehalten. Diese Prüfungen können aus mehrfachem raschem Anhalten aus einer Geschwindigkeit von 60 Meilen pro Stunde bei festgelegter Bremsgeschwindigkeit, beispielsweise von 10, 12, 14 oder 16 Fuß pro Sekunde bestehen, um die Eigenschaften des Belages bei mäßiger und starker Beanspruchung zu prüfen (Abb. 524). Ein Anhalten bei 20, 30 oder 40 Meilen pro Stunde bei festgelegter Bremsgeschwindigkeit kann auch vorgenommen werden, um die Gleichmäßigkeit der Wirkung, Veränderung des Reibungskoeffizienten bei verschiedener Temperatur, Geräusch und Aufrauungswiderstand zu bestimmen. Auch die Abriebsgeschwindigkeit kann durch Mikrometerablesungen vorgenommen werden. Es lassen sich auch viele andere Effekte beobachten, wie beispielsweise die Neigung des Belages zur Staubbildung, Stärke des Belages in bezug auf Widerstand gegen Ausreißen der Niete, Lagentrennung, Neigung zu Bruch oder Splitterung, Beschaffenheit der Oberfläche usw. Im allgemeinen wird auch mehrfach gestoppt, um die Einwirkung von Feuch-

tigkeit zu ermitteln, indem man den Belag erst tüchtig mit Wasser tränkt und feststellt, wie oft stillgehalten werden muß, bis der Belag bei gegebenem Druck dieselbe Bremsgeschwindigkeit wie in trockenem Zustand aufweist. Um die Eigenschaften eines Belages vollauf zu bestimmen, ist es mitunter erforderlich, bei einem einzelnen Versuch bis zu 10 000mal zu stoppen. Dies geschieht, um die Belagseigenschaften zu studieren, wenn die Struktur schon in erheblichem Maße abgenutzt ist.

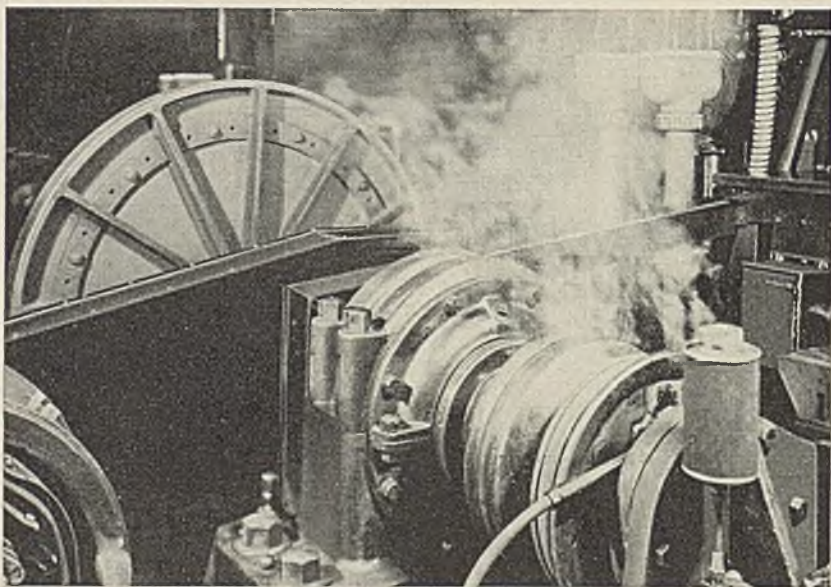
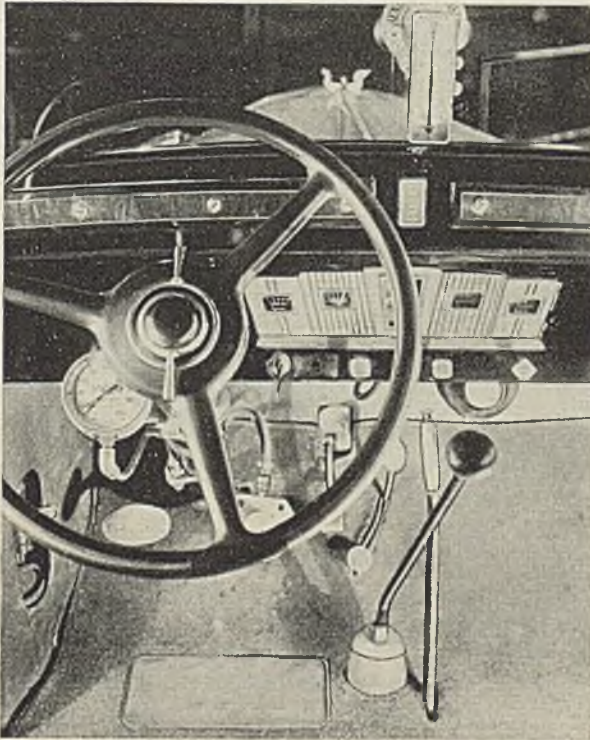


Abb. 1000. Aufnahme nach dem 16. Stillstand bei 60 Meilen/Std. ohne Anwendung eines Kühlgebläses zwecks Demonstration der schweren Prüfung moderner Bremsbeläge. (Johns-Manville Corp.)

Nach Abschluß dieser Versuche wird der Belag noch oft auf einen Probewagen montiert und einem Straßenversuch unterworfen, der sich auf 5000 Meilen erstrecken kann, zu dem Zweck, um etwaige Schwächen des Belages zu ermitteln, die sich noch im tatsächlichen Betrieb ergeben könnten.

Die Handhabung des Probewagens ist genau ausgearbeitet und so vorgesehen, daß sämtliche, im tatsächlichen Gebrauch denkbaren Bedingungen erfüllt werden. Das Bremspedal ist mit einem Druckmanometer versehen, um dem Führer die Feststellung des tatsächlich bei jedem »Stopp« ausgeübten Druckes zu ermöglichen (Abb. 1001). Ein als »Dezelerometer« bekanntes Instrument ist an einer gut sichtbaren Stelle angebracht und zeigt die Geschwindigkeit des Stillhaltens in Fuß/Sekunden an. Der Belag ist mit größter Vorsicht montiert, so daß einheitlicher Oberflächenkontakt des Belages auf der Backe in der Trommel gewährleistet ist. Der Wagen wird auf einem Bremsstand montiert, mit Hilfe dessen der durch das Bremspedal ausgeübte Druck an jeder der vier

Bremsen unabhängig eingestellt werden kann. Dies geschieht, indem man jedes der vier Räder unabhängig von den anderen mittels rotierender Walzen dreht, wobei die verzögernde Wirkung der eingeschalteten Bremse an einem Zeigerblatt abgelesen werden kann. Durch Beobachtung des auf jedem der vier Zifferblätter angezeigten Druckes lassen sich die erforderlichen Einstellungen zwecks einheitlicher Belastung machen. Dann wird der Wagen mehrmals bei einer Geschwindigkeit von 20 Mei-

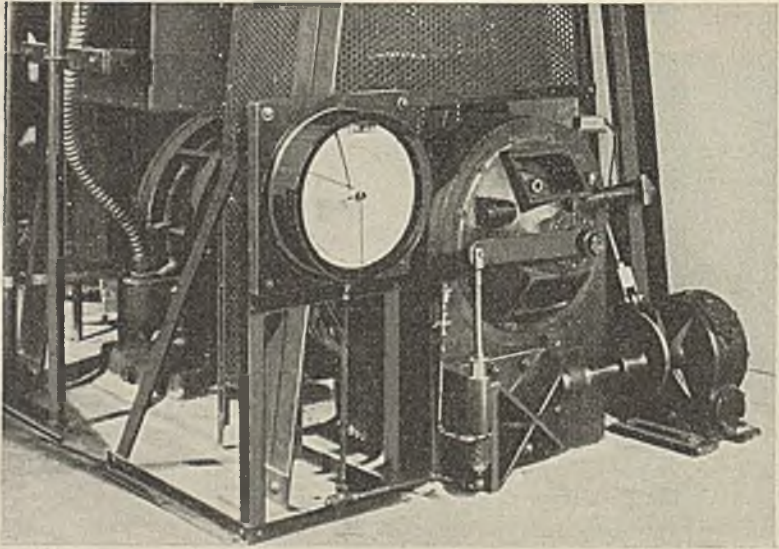


*Abb. 1001. Blick in das Innere eines Prüfwagens. Man beachte die Vorrichtungen zum Messen des Bremspedaldruckes und der Bremsgeschwindigkeit.
(Johns-Manville Corp.)*

len pro Stunde bei verschiedenen Pedaldrücken zum Stillstand gebracht. Die Ergebnisse werden notiert und ergeben die Bremskurve des Belages. Wenn man eine Anzahl derartiger Kurven in Abständen von 200 bis 500 Meilen während des Probelaufes nimmt, läßt sich die Reibungsstabilität des Belages ermitteln. In ähnlicher Weise werden Beobachtungen über Lärm, Zersplitterung und Gleichmäßigkeit der Wirkung gemacht. Während der Versuche werden die Bremsen zeitweise zwecks Gleichstellung, Trommelaufrauung und Abrieb des Belages überprüft.

Außer diesen mechanischen Prüfungen werden im Laboratorium noch Härte, Kompressibilität, Biegsamkeit, Bearbeitungseigenschaften, wie

Schleifbarkeit und die Möglichkeit, Versenkungen für Nietenköpfe einzulassen, untersucht. Zum Zwecke der Kalkulation wird auch das Gewicht pro linearen Fuß ermittelt, ebenso wie Probestücke im elektrischen Ofen hohen Temperaturen zwecks Beobachtung ausgesetzt werden. Alle diese Ergebnisse zusammengefaßt, ergeben zusammen mit den Labora-



*Abb. 1002. Prüfmaschine für Kupplungsscheiben
(Johns-Manville Corp.)*

toriumsdaten bei vorsichtiger Analyse eine lückenlose Geschichte der von dem Belag in tatsächlichem Betrieb zu erwartenden Eigenschaften.

Man ersieht aus all dem, daß die Entwicklung und Erprobung von Bremsbelagmaterial für moderne Fahrzeuge keineswegs einfach ist und den Fabriken eine erhebliche Anlage sowie Entwicklungsarbeit und Kosten aufbürdet. Die in der Verbesserung der Beläge in den letzten Jahren erzielten Ergebnisse haben aber all dies voll und ganz gerechtfertigt (Abb. 1002).

ZAHNGUMMI

VON DR. ERICH WURM, HANNOVER

Zahngummi dient zur Herstellung von Gaumenplatten für künstliche Gebisse. Da die Verarbeitung und Vulkanisation in den zahnärztlichen Laboratorien erfolgt, ist die Tätigkeit der Gummifabrik auf die Bereitung des Rohmaterials beschränkt. Dieses kommt in Portionsplatten von etwa 6×12 cm und 1 mm Dicke in den Handel. Zum Schutz gegen die Einwirkung von Staub und Sauerstoff sind sie beiderseitig mit Schirting belegt.

Die Herstellung ist im Prinzip also sehr einfach: aus einer hochwertigen Hartgummimischung wird eine Platte gezogen und diese in passende Stücke zerschnitten. In der Ausführung ergeben sich aber viele Schwierigkeiten, die auf den Anforderungen beruhen, die an Zahngummi gestellt werden. Gaumenplatten sind selten über 1 mm dick, infolgedessen muß die Qualität des Hartgummis sehr gut sein, zumal die mechanische Beanspruchung beim Kauakt sehr groß ist. Die Mischung muß vollständig homogen sein und darf keine Sand- oder Füllstoffkörner enthalten. Die beste Hartgummiqualität besteht nur aus Gummi und Schwefel. Schwarzer Zahngummi wird aber nur selten verlangt, meist braucht man rote und rosa Töne. Der einzige Farbstoff, der bisher der Hartgummivulkanisation restlos widersteht, ist Zinnober. Leider ist er sehr teuer, schwer und wenig ausgiebig. Man braucht erhebliche Mengen, um im Vulkanisat den schwarzen Grundton zu verdecken. Noch schwieriger ist die Herstellung von rosa Zahngummi. Man muß zunächst die Mischung durch große Mengen Zinkweiß oder Schwefelzink aufhellen, braucht auch dann noch ziemlich viel Zinnober und erhält im besten Fall leicht gelb oder bräunlich gefärbte rosa Töne. Die starke Füllung mit Mineralien verschlechtert die mechanische Widerstandsfähigkeit. Man nimmt daher für die Gaumenplatte und zum Einsetzen der Zähne roten Gummi und benutzt Rosa nur zur freiliegenden Zahnfleischimitation.

Aus diesen Vorbemerkungen ergeben sich die Anforderungen, die die Rohmaterialien erfüllen müssen. Als Gummi sind nur reinste first latex Crepe verwendbar. Die Felle sind auf Sandkörner zu prüfen und gegebenenfalls mit einer scharfen Stahldrahtbürste zu reinigen. Der gewöhnliche ventilierte Schwefel kann nicht verwendet werden, da er hier noch zu grob ist. Um die bestmögliche Verteilung zu bekommen, nimmt man daher gefällten (kolloidalen) Schwefel. Der käufliche Zinnober ist immer sehr fein gemahlen. Zur Erzielung verschiedener Farbtöne nimmt man die entsprechenden Sorten; die Bezeichnung geht von 0 bis 6, wobei 0 einen gelbstichigen, hellroten, 6 einen bläulichroten Ton bezeichnet. Das Zinkoxyd soll eine Spezialsorte für Gummi sein, gleichgültig ob es als Beschleunigeraktivator oder als Pigment dienen soll. Bleihaltige Sorten sind natürlich unbrauchbar. Bei der Verwendung von Weißpigmenten ist zu beachten, daß Feinkörnigkeit und Deckkraft einigermassen entgegengesetzte Eigenschaften sind. Man muß daher immer möglichst stark deckende Pigmente nehmen. Aus diesem Grunde wird

reines Schwefelzink viel verwendet. Da es aber im Gegensatz zu Zinkoxyd ein inaktiver Füllstoff ist, ziehen manche Fabrikanten das letztere vor. Titandioxyd, das die größte Deckkraft hat, wird kaum angewendet. Hier liegt anscheinend ein Vorurteil vor, das auf der oft sauren Reaktion älterer Präparate beruht. Die neueren Produkte, besonders das reine Titandioxyd, dürften allen Anforderungen entsprechen. Organische Vulkanisationsbeschleuniger sind an sich überflüssig; will man sie verwenden, so dürfen es nur ungiftige, nicht zu schnell wirkende sein, dieses, weil die Verarbeitung des Zahngummis bei ziemlich hohen Temperaturen erfolgt. Geeignet sind z. B. die Vulkacite TR und F.

Zur Aufnahme der großen Mengen Zusatzstoffe muß der Kautschuk sehr gründlich aufgebrochen werden. Da außerdem die Füllstoffe unter keinen Umständen backen dürfen, wird mit stark gekühlten Walzen gearbeitet. Große Mischwerke sind unvorteilhaft, als obere Grenze kann man 1200 mm Ballenlänge annehmen. Man bricht also zuerst den Gummi auf und regelt den Walzenabstand so, daß ein genügender Gummiwulst vorhanden ist. Beim Aufgeben der Füllstoffe muß vermieden werden, daß das Material zwischen den Walzen durchfällt. Die Aufgabe erfolgt deshalb nur in dem Maße, wie das Material vom Gummi aufgenommen wird. Es empfiehlt sich, die Zusätze gut untereinander zu mischen und in ein Sieb aus mittelfeiner Müllergaze zu geben. Aus diesem wird es mit breitem Pinsel auf den Gummi aufgesiebt. Hierdurch wird die Aufgabe verlangsamt und gleichzeitig verhindert, daß trotz Trocknen und Sichten zurückgebliebene Körner in die Mischung gelangen. Wenn alles eingemischt ist, wird noch mehrmals gestürzt und die Mischung dann als Puppe abgenommen. Diese wird nicht talkiert, sondern in mit Zinkblech ausgeschlagenen Regalen aufbewahrt und mit reinen, nicht fasernden Tüchern abgedeckt. Ein guter roter Zahngummi besteht z. B. aus 40% Gummi, 15% Schwefel und 45% Zinnober, er enthält 77 Vol. % Gummi. Das spezifische Gewicht liegt bei 1,8. Ein rosa Zahngummi enthält etwa 32% Gummi, 12% Schwefel, 40% Zinkoxyd und 16% Zinnober. Er enthält etwa 70 Vol. % Gummi, sein spezifisches Gewicht liegt bei 2.

Die Platten werden meist als sogenannte Portionsplatte gezogen. Man gibt die ausreichende Menge gut vorgewärmter Mischung auf den Dreiwalzenkalander, reguliert die Stärke ein und läßt nun solange laufen, bis die Platte vollkommen blasenfrei ist. Dann wird sie abgeschnitten und auf einen Tisch gelegt, der mit starkem Zinkblech beschlagen ist. Sie wird dann sofort zerschnitten und beiderseitig mit den etwas größeren Schirtingblättern belegt. Diese müssen luftblasenfrei angerollt werden, was mit einer Handrolle oder mit mechanisch angetriebenen Gummiwalzen geschehen kann. Der hohe Preis des Zinnobers und die komplizierte Herstellung bedingen den sehr hohen Preis des Zahngummis, der trotz des niedrigen Rohgummipreises noch kaum gesunken ist.

Für manche Zwecke brauchen die Zahnärzte auch einen »weichbleibenden« Zahngummi. Er wird verwendet, um bei sehr empfindlichen Patienten Ecken und Kanten der Prothese zu mildern. Er besteht aus einer normalen roten Weichgummimischung. Da er aber meist mit dem

Hartgummi zusammen vulkanisiert wird, benutzt man als Farbstoff ebenfalls Zinnober und setzt die Mischung so zusammen, daß die erhebliche Übervulkanisation nicht allzuviel schadet. Zu empfehlen sind daher Mischungen mit Thiuram ohne Schwefel oder mit Beschleunigern, die mit sehr niedrigem Schwefelgehalt (1 bis 1,5% auf Gummi) auskommen und großen Plateaueffekt besitzen.

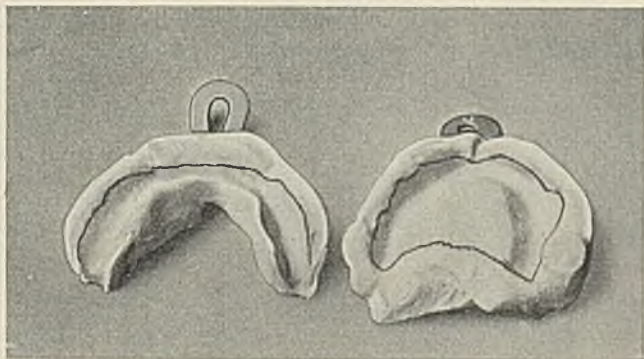


Abb. 1003. Bißlöffel mit Kieferabdruck
l. Unterkiefer, r. Oberkiefer
(De Trey Ges. m. b. H., Berlin)

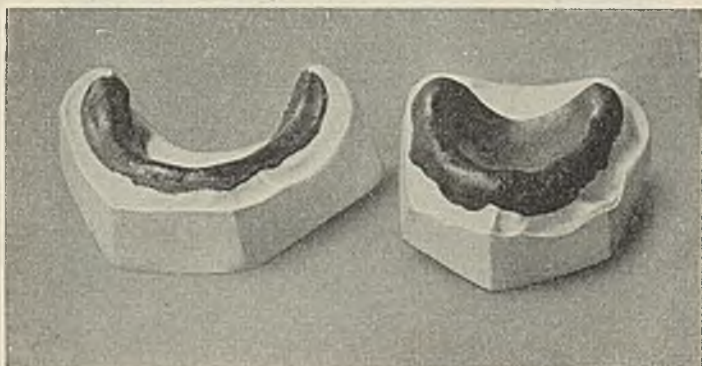


Abb. 1004. Gipsmodell mit Bißwall
(De Trey Ges. m. b. H., Berlin)

Die Herstellung von Zahnprothesen geschieht auf folgende Weise: Von dem Kiefer des Patienten wird zuerst ein Abdruck genommen. Man füllt eine thermoplastische Wachskomposition in sogenannte Abdrucklöffel ein, die für Ober- und Unterkiefer verschieden ausgebildet sind. Solange die Masse noch warm und plastisch ist, läßt man den Patient auf darauf beißen und erhält nach dem Erkalten ein Negativ des Kiefers (Abb. 1003).¹

¹ Die Abbildungen sind mit freundlicher Genehmigung der De Trey Ges. m. b. H. der Broschüre: »Die Herstellung einer totalen Prothese nach Professor Gysi« entnommen.

Hiervon wird ein Gipsabguß gemacht, der nunmehr den Kiefer mit allen Defekten erhaben zeigt. Dieses Gipsmodell dient zur Anfertigung des »individuellen Abdrucklöffels«. Dieser besteht aus einer festen Paraffinmasse, die unter Erwärmung auf das Gipsmodell aufmodelliert wird (Abb. 1004). Vor der weiteren Verarbeitung wird er dem Patienten eingesetzt, um das genaue Passen zu kontrollieren. Dann wird auf die



Abb. 1005. Bißwall, fertig zum Einsetzen der Zähne
(De Trey Ges. m. b. H., Berlin)

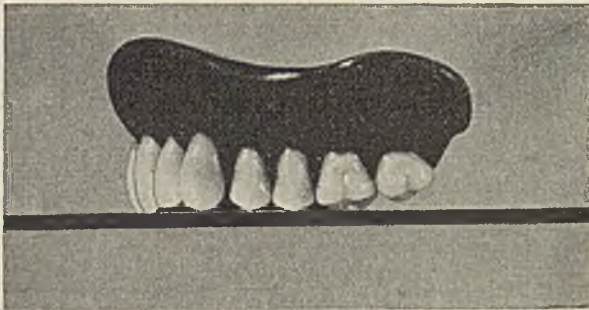


Abb. 1006. Fertiges Wachsmodell des Oberkiefers
(De Trey Ges. m. b. H., Berlin)

Oberseite der Löffel neue Abdruckmasse aufgebracht und planiert. Diese Masse bildet den Bißwall (Abb. 1005), in den die Ersatzzähne eingesetzt werden. Dies muß natürlich unter sorgfältiger Beachtung der anatomisch richtigen Kieferstellung geschehen. Abb. 1006 zeigt ein fertiges Wachsmodell des Oberkiefers, Abb. 1007 die Modelle für beide Kiefer. Hier sind sie auf die ursprünglichen Gipsmodelle aufgesetzt und mit Hilfe des Gysischen Artikulators ausgerichtet. Nach einer letzten Anprobe im Munde des Patienten werden die Wachsmodelle in Gips eingebettet. Dazu benutzt man Küvetten aus Eisen mit abnehmbarem Boden. Der Unter- teil der Küvette wird mit schnell abbindendem Gipsbrei gefüllt und das Wachsmodell sorgfältig eingedrückt, daß keine Hohlräume bleiben und die Innenseite des Modells sauber bleibt. Nach vollständigem Abbinden

wird die freie Gipsoberfläche geglättet und mit Talkum oder Graphit eingerieben. Man setzt dann den Oberteil der Kuvette ohne Deckel auf und füllt ihn mit Gipsbrei. Dann wird der Deckel aufgesetzt. Nach vollständigem Erhärten werden die beiden Teile der Kuvette auseinandergenommen (Abb. 1008). Jetzt erfolgt die schwierigste Arbeit, das Stopfen mit Gummi.

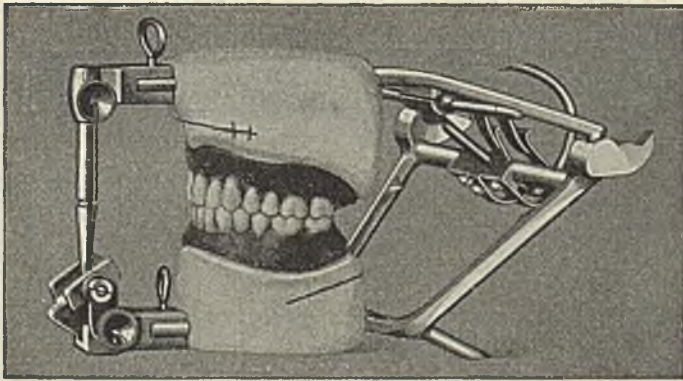


Abb. 1007. Vollständiges Wachsmodell einer totalen Kieferprothese, mit Hilfe des Artikulators in den Gipsabguß eingepaßt (De Trey Ges. m. b. H., Berlin)

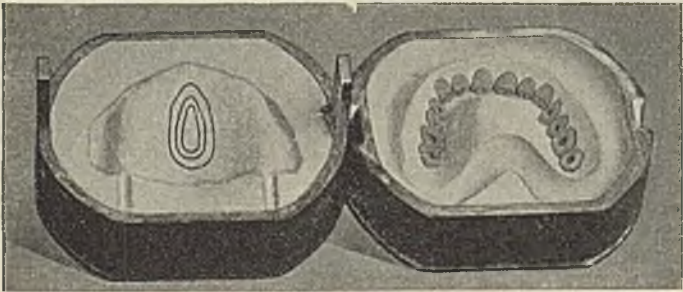


Abb. 1008. Vulkanisationscuvette mit Abguß einer Oberkieferprothese (De Trey Ges. m. b. H., Berlin)

Das Paraffin wird mit heißem Wasser ausgeschmolzen, wobei keine Reste zurückbleiben dürfen. Sowohl Gips wie Gummi müssen dauernd warm sein, dieser, damit er plastisch wird, jener, damit die Plastizität beim Stopfen nicht verloren geht. Es ist üblich, die Kuvette in kochendem Wasser zu erhitzen. Den in feine Streifchen zerschnittenen Gummi kann man auf jeder beliebigen Wärmplatte erweichen. In das erhitzte Gipsnegativ werden die Zähne wieder eingelegt. Dann werden die Gummistreifchen mit spitzen Instrumenten in die Lücken eingestopft. Dabei ist Sorge zu tragen, daß alle Lücken vollständig ausgefüllt werden und die Zähne sich nicht verschieben. Sind diese festgelegt, so ist die

weitere Arbeit nicht mehr schwierig. Die Kiefer werden mit größeren Gummistreifen nachmodelliert, die Gaumenplatte der Oberkieferprothesen wird mit roh zugeschnittener Gummiplatte belegt. Erscheint die Menge des Gummis ausreichend, wird eine Probepressung gemacht. Dazu bedeckt man den Gummi mit angefeuchtetem Leinen, schließt die Kuvette und preßt sie in einer Handpresse. Nach dem Öffnen muß die gesamte Prothese Leinenabdruck zeigen. Wo dies nicht der Fall ist, muß Gummi nachgegeben werden. Ergibt eine zweite Pressung die aus-

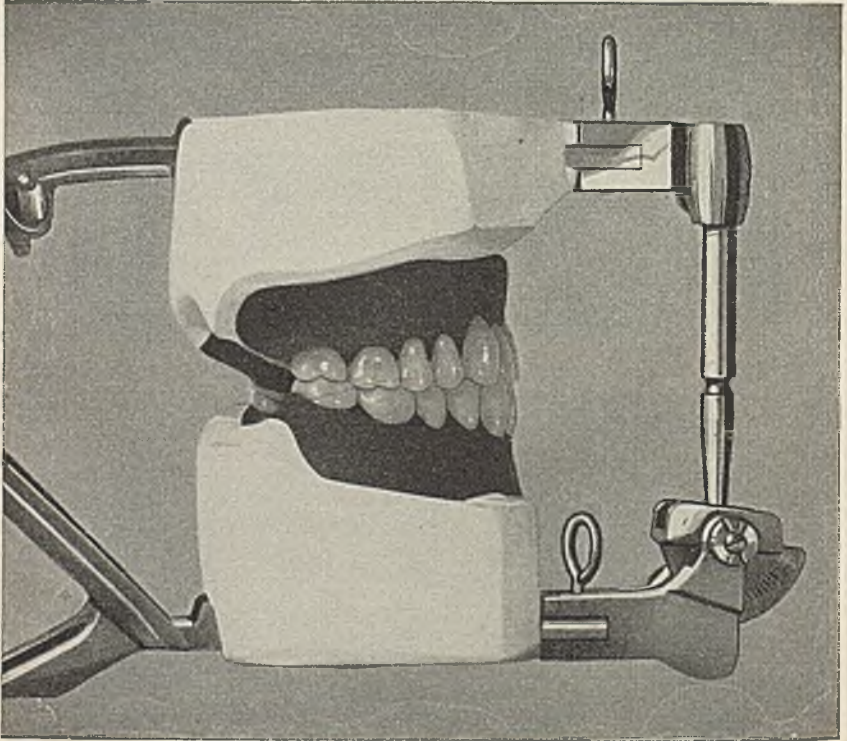


Abb. 1009. Fertige Totalprothese (De Trey Ges. m. b. H., Berlin)

reichende Beschickung mit Gummi, wird die Kuvette wieder geschlossen, jetzt natürlich ohne Leineneinlage. Sie wird nochmals gepreßt und mit einem Schraubbügel zusammengehalten. Die Vulkanisation erfolgt in elektrisch oder mit Gas beheizten Autoklaven, die halb mit Wasser gefüllt sind. Die neueren Zahngummiarten erfordern meist eine Steigung von 20 Minuten auf 160° und ein Stehenlassen hierbei von einer Stunde. Das Öffnen des Autoklaven darf erst nach vollständiger Abkühlung erfolgen.

Die Kuvette wird nun auseinandergenommen. Die Prothesen müssen jetzt noch vom Austrieb befreit werden. Sie werden dann abgeschmirgelt, um Kanten und Unebenheiten zu glätten. Die Vorderseite muß poliert

werden, zuerst mit Bimssteinpulver auf schnell rotierenden Filzscheiben, dann mit Tripel oder Polierrot auf feinen Bürsten. Zum Schluß kann man sie noch schwabbeln. Abb. 1009 zeigt eine vollständige Ober- und Unterkieferprothese auf dem ursprünglichen Gipsmodell.

Die Schwierigkeiten bei Herstellung der Zahngummiplatten und beim Stopfen haben zu Änderungsvorschlägen geführt. Ein neuerer, zum D. R. P. angemeldeter Vorschlag geht dahin, eine Paste aus hochkonzentriertem Latex (Revertex) herzustellen, die alle zur Hartgummivulkanisation nötigen Bestandteile enthält. Die Dispersion der großen Schwefel- und Farbstoffmengen bereitet keine Schwierigkeiten. Die Paste läßt sich leichter homogenisieren als die Trockenmischung. Die Verarbeitung erfolgt in der Weise, daß man die Paste in die Lücken und auf die Platte der auf einem Sandbad o. ä. erhitzten Gipsform einstreicht, wo sie sofort antrocknet. Das Probepressen und Vulkanisieren erfolgt in derselben Weise wie bei Plattengummi.²

² Siehe auch den Abschnitt »Latex-Technologie«.

SCHLEIFMASSEN UNTER VERWENDUNG VON KAUSCHUK ALS BINDEMITTEL¹

VON DR. R. C. BENNER UND O. L. MAHLMAN, NIAGARA FALLS, N. Y. USA.

Eine weniger geläufige Anwendung von Kautschuk, die jedoch in letzter Zeit zunehmend an Bedeutung gewinnt, ist die Herstellung von Schleifmassen unter Verwendung von Kautschuk als Bindemittel. Obwohl eine Nachforschung in der Patentliteratur ergibt, daß die Verwendung von Kautschuk für den oben genannten Zweck ganz kurz auf die Entdeckung der Vulkanisation folgte, und zu einer großen Anzahl verschiedener, patentierter Methoden führte, waren diese früheren Erfindungen von geringem praktischen Wert. Die Gründe hierfür liegen teils in der ausschließlichen Verwendung von Weichkautschuk, teils beruhen sie auf Ursachen, die später noch erörtert werden sollen. Auch Hartgummi ist als Bindemittel für Schleifmassen seit vielen Jahren in Verwendung. Bis vor verhältnismäßig ganz kurzer Zeit wurden diese Gegenstände durch Einwalzen des eigentlichen Schleifmittels in die Kautschukmischung hergestellt. Die einzige Ausnahme — allerdings nur in verschwindend geringem Maße — ist die Verwendung von Kautschuklösungen. Entwicklungen der neuesten Zeit, bei denen Latex, konzentrierter Latex, insbesondere aber künstliche Kautschukdispersionen zur Anwendung kamen, haben in der Schleifmittelindustrie zu Versuchen mit diesen Substanzen stark angeregt, so daß in den letzten fünf Jahren in weit höherem Maße Fortschritte auf dem Gebiete der »kautschukgebundenen Schleifmittel« zu verzeichnen sind, als dies in den vorangegangenen 50 Jahren der Fall war. Wie es so oft vorkommt, haben sich eine Anzahl von Erfindern gleichzeitig auf dieses Problem gestürzt, so daß der Verdienst an der Entwicklung aufgeteilt werden muß. Aus demselben Grund erscheint auch die Patentlage nicht so klar, als es wünschenswert wäre, da offensichtlich Patente mit an sich gleichem Inhalt an verschiedene Erfinder, insbesondere in solchen Ländern erteilt wurden, in denen eine Vorprüfung der Anmeldungen nicht erfolgt. Läßt man aber die Frage, wem das Verdienst zuzuerkennen ist, außer acht, so verbleibt die Tatsache, daß in den letzten Jahren viel Forschungsarbeit geleistet wurde und die Verwendung von Kautschuk in der Schleifmittelindustrie täglich an Ausdehnung und Bedeutung gewinnt.

Es erscheint zweckmäßig, hier eine kurze Erörterung der Grundlagen des Mahlvorganges einzuschalten, um so die Probleme, die mit der Verwendung des Kautschuks zusammenhängen, besser verstehen zu können, ebenso wie hierdurch darüber ein klareres Bild geschaffen werden kann, in welchem Ausmaß die erzielten Verbesserungen die Lösung dieser Probleme mit sich gebracht haben. Anschließend daran sollen an Beispielen die verschiedenen heute üblichen Herstellungsmethoden, die Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten der Schleifmaterialien besprochen werden.

¹ Übersetzt von E. A. Hauser

Ein »gebundenes« Schleifmaterial besteht, wie allgemein bekannt sein dürfte, aus zwei deutlich unterscheidbaren Komponenten, und zwar dem Schleifkorn und dem Bindemittel. Es ist einleuchtend, daß das Verhalten der Schleifscheibe für jede denkbare Kombination der Scheibengeschwindigkeit und der vorgesehenen Schleifarbeit von den individuellen Eigenschaften des Schleifkornes und des Bindemittels abhängen wird. Schließlich, aber bei weitem nicht zuletzt, hängt es von den »kombinierten« Eigenschaften des Kornes und Bindemittels ab. Darunter versteht man die Haftfestigkeit des Bindemittels am Korn, das mengenmäßige Verhältnis und die Verteilung des Bindemittels im Gegenstand. Vor allem ist der letzte Faktor von größter Bedeutung; auf ihm beruht vornehmlich der rasche Fortschritt, den die Verwendung »kautschukgebundener Schleifscheiben« seit Einführung wäßriger Kautschukdispersionen in den letzten Jahren zu verzeichnen hat.

Obwohl dieser Beitrag sich nicht auf die Kunst des Schleifens selbst erstreckt, dürfte eine kurze Besprechung der verschiedenen Arten von Schleifkorn angebracht sein, zumal das Schleifen selbst vornehmlich, ja mit Ausnahme einiger der härteren keramischen Bindemassen, fast ausschließlich auf dem Schleifkorn beruht.

Bei der Auswahl einer Schleifscheibe, die eine bestimmte Arbeit leisten soll, muß man vorerst die Art des anzuwendenden Schleifmittels in Erwägung ziehen. Als Ergebnis der Entwicklung künstlicher Schleifmittel kann man das Problem derzeit bereits auf die Auswahl zwischen zwei Substanzen beschränken, Siliziumkarbid oder zusammengesmolzenes Aluminiumoxyd. Eine der beiden Substanzen wird praktisch jedes heute in der Industrie zu bearbeitende Material mit zufriedenstellendem Ergebnis schleifen. Es wird auch keine Schwierigkeit bedeuten, zwischen diesen beiden Substanzen auch in solchen Fällen zu wählen, wo die Auswahl aus Gründen der Eigenschaften an sich gleichgültig wäre, zumal Fälle, wo das eine Material dann noch ausgesprochen besser geeignet sein würde als das andere, zu den Ausnahmen zu zählen sind.

Prinzipiell wird man Siliziumkarbid, das unter verschiedenen Handelsmarken, wie z. B. Carborundum oder Crystallon, verkauft wird, überall dort anwenden, wo es sich um die Bearbeitung von Materialien geringer Festigkeit handelt, wie beispielsweise Gußeisen oder Stein. Der Grund hierfür ist, daß Siliziumkarbid, obwohl es das härtere Material darstellt, sehr spröde ist, und sich deshalb zum Schneiden starker, zäher Substanzen nicht eignet. Des weiteren liegen die Siliziumkarbidkristalle mehr in Plättchen als in Blockform vor, so daß dicke massive Kristalle nicht erhältlich sind. Geschmolzenes Aluminiumoxyd hingegen ist zähe und in massiven, blockigen Körnern erhältlich, die für das Herausreißen von Teilchen aus zähen, harten Materialien wie Stahl, eher geeignet sind. Demzufolge ist die Auswahl des geeigneten Typus von Schleifkorn eine verhältnismäßig einfache Angelegenheit.

Vom Standpunkt der Herstellung »kautschukgebundener Schleifscheiben« ist die Frage nach der Art des angewandten Kornes ohne wesentliche Bedeutung, da Kautschuk eines der wenigen Bindemittel ist,

das unterschiedlos und ohne merkliche Abänderung der Verarbeitungsmethode mit jeder Art von Korn verwendbar ist. Dies beruht darauf, daß beide oben genannten Schleifmittel gegenüber Kautschuk bei den in Frage kommenden Temperaturen indifferent sind, wohingegen bei Anwendung keramischer Bindemittel diesbezüglich das Gegenteil der Fall ist.

Wie bereits früher bemerkt, wird bei dem Schleifvorgang die abzuschleifende Masse durch das Schleifkorn selbst entfernt. Diese Behauptung wird durch mikroskopische Untersuchungen der durch eine Schleifscheibe abgenommenen Späne bewiesen, die den bei einer Drehbank oder Fräsmaschine abfallenden Spänen ähnlich sind. Man kann somit eine Schleifscheibe als Fräsmaschine mit automatisch sich ersetzenden Zähnen auffassen, d. h. ein gegebenes Korn (Zahn) schneidet so lange, bis es durch den Gebrauch stumpf wird, worauf es automatisch entfernt wird, während sein Platz durch ein neues scharfkantiges Korn ersetzt wird. Um nun das stumpfe Korn zu entfernen und das frische aufzudecken, ist es erforderlich, das stumpf gewordene Korn herauszureißen und das Bindemittel bis zur Aufdeckung des frischen Kornes abzureiben. Der Widerstand, der zur Entfernung des Kornes aus der Scheibe zu überwinden ist, wird allgemein als »grade« bezeichnet. Eine »harte« Schleifmasse ist durch sehr starke Haftfestigkeit des Kornes charakterisiert, wohingegen eine weiche Scheibe im Betrieb sehr leicht niederbricht, d. h. die stumpf gewordenen Körner werden leicht aus der Schleifmasse entfernt.

In Schleifscheiben mit keramischen oder aus künstlichen Harzen bestehenden Bindemassen läßt sich die Härte durch Erhöhung des Verhältnisses Bindemasse : Korn steigern. Die härtesten Arten enthalten 20 bis 30% Bindemittel. Bei Anwendung von Kautschuk als Bindemasse wirkt sich eine Erhöhung desselben nur sehr wenig auf die Härte des Schleifgegenstandes aus. Der Unterschied in diesem Verhalten beruht darauf, daß der zähe, elastische Kautschuk mit seinem verhältnismäßig niedrigen Erweichungspunkt durch Schmelzen oder Wegbrennen entfernt wird, wohingegen die härteren, spröden und hochschmelzenden Bindemassen zertrümmert und ausgebrochen werden. Da die Erhöhung des Verhältnisses Bindemittel : Korn eine Erhöhung der Dichte mit sich bringt, schneidet ein mit hohem Bindemittelgehalt hergestellter Gegenstand heißer als ein solcher mit offener, poröser Struktur.

Eine kautschukgebundene Schleifscheibe, die über die optimale Bindemittelmenge aufweist, wird sich lediglich erhitzen, hierdurch die Bindung erweichen, so daß die Körner herausfallen bevor sie abgestumpft sind. Kautschuk ist vom Schleifstandpunkt betrachtet einzigartig und stellt anscheinend ein Paradoxon dar, da eine Erhöhung des Bindemittels über einen für andere Kittmassen noch niedrig zu bezeichnenden prozentualen Anteil einen weicheren und nicht einen härteren Gegenstand ergibt. Die Verarbeitung großer Mengen von Bindemittel ist auch deshalb nachteilig, weil die Zerstörung desselben von Rauchentwicklung begleitet ist, die beim Arbeiter unbeliebt ist. Kautschuk unterscheidet sich des weiteren von anderen Bindemitteln durch die Tatsache, daß zwischen

ihm und dem Schleifkorn so gut wie keine Haftung besteht. Während alle anderen Bindemittel, die bei der Herstellung von Schleifmassen Anwendung finden, gut benetzen und zu dem Schleifmaterial gute Haftung zeigen, weisen sowohl vulkanisierter wie unvulkanisierter Kautschuk, mit einer einzigen Ausnahme, auf die später eingehend zurückgekommen werden soll, so gut wie gar keine Haftung am Schleifkorn auf. Diese Kombination der mangelnden Haftung, des niederen Schmelz- und Brennpunktes von Kautschuk hat der Verwendung von »kautschukgebundenen Schleifscheiben« in vielen Fällen Abbruch getan, da diese beiden Eigenschaften sozusagen antagonistisch sind.

Da Kautschuk an dem Schleifkorn nicht haftet, müssen die Körner in einer kontinuierlichen Kautschukphase eingebettet sein. Eine solche Struktur ist aber vor allem dann als dicht zu bezeichnen, wenn man das Schleifkorn in den Kautschuk durch Walzung einarbeiten muß. Wie erwähnt, bedingt die dichte Struktur aber heißes Schneiden, wodurch wieder die Wirksamkeit verringert wird, da ja die entwickelte Hitze den Kautschuk zerstört. Die geringe Haftung ist auch die Ursache der erwähnten Fehlschläge, die bei den Versuchen »weichkautschukgebundene Schleifscheiben« herzustellen, sich ergaben. Es ist verständlich, daß ein Weichkautschukgegenstand in Anbetracht der geringen Haftfestigkeit des Kornes sehr bald als Schleifmasse unbrauchbar wird, wenn die Scheibe nur einige Male gebogen worden ist. Die Körner werden gelockert und in dem Moment aus dem Gegenstand herausfallen, als die gebildete »Tasche« gestreckt oder das Korn durch die beim Schleifen auftretende Belastung aus ihr herausgerissen wird.

Die älteste und im allgemeinen gebräuchlichste Methode zur Herstellung »kautschukgebundener Schleifscheiben«, ist das sogenannte *Walzverfahren*. Bei diesem Verfahren werden die Schleifkörner in eine Kautschukmischung eingewalzt, indem sie dauernd auf den, wie sonst üblich, zwischen Walzen mastizierten Kautschuk aufgestreut werden. Während dieses Vorganges wird naturgemäß das Korn bis zu einem gewissen Grade zermalmt, insbesondere bei Verarbeitung grober Körnungen. Aus diesem Grunde ist es dringend erforderlich, daß der Rohkautschuk vor allem gründlich niedergebrochen und erweicht wird, um auf diese Weise den für die Einarbeitung des Kornes in den Kautschuk erforderlichen Druck auf ein Minimum zu reduzieren. Es ist aber trotz aller angewandten Vorsicht unmöglich, ohne jegliche Zermalmung des Kornes eine gewalzte Schleifmischung herzustellen. Gerade dies ist aber ein schwerwiegender Nachteil des Walzverfahrens, da die Körnung des Schleifmittels auf die Schleifeigenschaften des fertigen Artikels von wesentlichem Einfluß ist. Demgemäß ist es auch sehr schwierig, absolut reproduzierbare Produkte herzustellen, da beträchtliche Schwankungen zu erwarten sind. Bedenkt man ferner, daß während der Einmischung usw. veränderliche Mengen von Schleifkorn verlorengehen können, wodurch das Verhältnis Bindemasse : Korn sich ändert, so wird man einsehen, daß einwandfreie Reproduktion bei »gewalzten kautschukgebundenen Gegenständen« so gut wie ausgeschlossen ist. Diese auf Zufall beruhende Struktur von Schleifscheiben insbesondere bei Verarbeitung

grober Körnungen, bei denen die Zermahlung am ärgsten ist, war zweifellos der größte Nachteil der Verwendung von Kautschuk als Bindemittel für Schleifmassen. Die Tatsache, daß dennoch diese Gegenstände Anwendung gefunden haben, muß gewissermaßen als Anerkennung für den Wert des Kautschuks aufgefaßt werden.

Da es unmöglich ist, die Härte eines gewalzten »kautschukgebundenen Schleifgegenstandes« durch mengenmäßige Erhöhung der Bindemasse zu verbessern und da es ebenso unmöglich ist, mehr als ein gegebenes Maximum von Korn in eine gegebene Menge Kautschuk einzuwalzen, wird die Härte der Gegenstände durch Hinzufügen verschiedener Füll- und Zusatzstoffe erreicht, die die Eigenschaften des Kautschuks selbst beeinflussen. So werden z. B. Schleifscheiben durch Zusatz von Polierrot, Zinkoxyd, Aluminiumpulver, feinem Schmirgelmehl und dergleichen »gehärtet«, wohingegen der Zusatz von Öl, Wachs und dergleichen eine Erweichung der Gegenstände bedingt. Derartige auf Kautschuk erweichend wirkende Zusätze bedingen auch gleichzeitig eine Verringerung der Zermahlung des Kornes während des Mischens. Die Anwendung von Wachs zwecks Erweichung »kautschukgebundener Schleifmassen« ist Johnson & Webster durch das A. P. 1 676 100 vom 3. Juli 1928 geschützt, das auf die Norton Co. übertragen wurde.

Die bei diesem Verfahren erforderlichen Handhabungen sind mit den sonst bei der Kautschukverarbeitung üblichen vergleichbar. Kautschuk bester Qualität wird auf den Walzen niedergebrochen und dann üblicherweise erst mit den geeigneten Füllstoffen versetzt. In der Regel werden unter anderem 50% Schwefel, auf Kautschuk berechnet, angewandt, wenn auch an sich der Schwefelzusatz zwischen 35 und 70% bei den einzelnen Fabrikaten schwankt. Dann wird erst das Schleifkorn auf den üblichen Mischwalzen ähnlich wie die anderen Füllstoffe zugefügt. Nach gründlicher Mischung, die durch mehrfaches Aufrollen zur Puppe vorgenommen wird, wird die Masse am Kalander je nach der für den fertigen Gegenstand vorgesehenen Dicke in Felle bis zu ungefähr 1 Zoll Dicke ausgezogen. Wenn Gegenstände noch stärkerer Dimensionierung erforderlich sind, wird aus dem Fell eine geeignete Anzahl von Scheiben ausgeschnitten, die in der Hitze unter einem Druck von ungefähr 2000 bis 3000 lbs. pro Quadratzoll zu einem einheitlichen Stück zusammengedrückt werden.

Die Vulkanisation kann sowohl in Formen unter heißen Pressen oder im Vulkanisierofen vorgenommen werden und benötigt bei einer Temperatur von 160° C üblicherweise 12 bis 16 Stunden. Nach Beendigung der Vulkanisation werden die Scheiben auf Spindeln montiert und auf die richtige Größe zugerichtet.

Da »kautschukgebundene Schleifscheiben« im allgemeinen mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 9000 Fuß pro Minute betrieben werden, müssen die Räder gut ausbalanciert sein, d. h. sie müssen hinreichend gleichmäßig gearbeitet und genau zugerichtet sein, damit der Schwerpunkt der Scheibe auf der Welle oder Achse zu liegen kommt, auf der

die Scheibe montiert ist. Stellt sich bei der Kontrolle heraus, daß die Scheibe nicht hinreichend Balance hält, muß sie ausgeschieden werden. Kleine Abweichungen kompensiert man zumeist, indem man ein Loch entsprechender Größe in der Nähe der Achse bohrt und dasselbe mit Blei ausgießt. Dieses Vorgehen ist aber nicht empfehlenswert, da die Scheibe im Betrieb allmählich doch wieder ihr Gleichgewicht verliert. Es ist daher größte Vorsicht anzuraten, um einen Gegenstand gleichmäßiger Dicke zu erzielen. Dies erfordert eine sehr scharfe Kontrolle der gesamten Anlage, wie der Walzen, Pressen usw., da nur so Sicherheit für eine einwandfreie Beschaffenheit gegeben ist.

Sämtliche Schleifscheiben werden im allgemeinen bei Geschwindigkeiten geprüft, die um 50% höher liegen, als die für den Betrieb empfohlenen. Auf diese Art und Weise werden die Scheiben Beanspruchungen unterworfen, die über das Doppelte derer betragen, die bei normalem Betrieb auftreten, da die auf zentrifugalen Kräften beruhende Beanspruchung mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt. Schadhafte Scheiben werden bei diesem Versuch selbstverständlich zerstört, solche, die starke Unbalance aufweisen, werden gefunden, der Fehler entweder behoben oder die Scheibe muß aussortiert werden.

Da das Walzverfahren nichts Außergewöhnliches gegenüber ähnlichen Verfahren bietet, die schon viele Jahre bekannt waren, bevor die Schleifscheibenindustrie auch nur annähernd ihre heutige Vervollkommnung erfahren hat, ist es nicht zu verwundern, daß die Patentliteratur bezüglich praktischer Verbesserungen sehr wenig Wissenswertes enthält, wenn auch, wie eingangs erwähnt, in früheren Tagen eine Anzahl Patente auf die Verwendung von Weichkautschuk erteilt wurden.

Außer dem bereits erwähnten Patent von Johnson und Webster ist in bezug auf die moderne Herstellung von Schleifscheiben nach dem Walzverfahren nur noch ein Patent bekannt und von Wert; es handelt sich um das A. P. 1 655 396 von Webster, das ebenfalls an die Norton Co. übertragen ist. Dieses Patent schützt den Zusatz von Phenolkondensationsprodukten, wie sie unter dem Namen »Bakelit« bekannt sind, bis zu einer Menge von 30%. Dieser Zusatz soll die Hitzebeständigkeit des Kautschuks erhöhen und hierdurch die Lebensdauer »kautschukgebundener Schleifmassen« verlängern.

Da, wie erwähnt, nach dem Walzverfahren hergestellte Schleifscheiben sehr dicht sind und die vorerwähnten Nachteile aufweisen, ist es begreiflich, daß viel Forschung geleistet wurde, um andere Verfahren, denen diese Nachteile nicht anhaften, auszuarbeiten. Eine Methode, die bis zu einem gewissen Grade Anwendung findet, ist die Verarbeitung von Kautschuklösungen (zumeist in Benzol), doch sei darauf hingewiesen, daß hier wieder andere Schwierigkeiten auftreten.

Gemäß diesem Verfahren wird Kautschuk mit Benzol solange geknetet, bis er hinreichend plastisch ist, um das Einmischen des Kornes in üblichen Teigknetern zu gestatten. Nach Einfügung des Schleifkornes und der sonst zweckmäßigen Füllstoffe, wird die Masse in Pfannen ausgegossen und das Lösungsmittel verdampft. Dies wird in der Regel unter

Anwendung von Unterdruck und von Temperaturen von nicht mehr als 38° C vorgenommen. Die getrocknete Mischung wird dann in geeignete Formen gepreßt und vulkanisiert.

Das Verfahren ist, wie jeder Fachmann einsehen wird, weit davon entfernt, als ideal bezeichnet werden zu können, wenn es auch zugegebenermaßen die Unsicherheiten bezüglich der Zusammensetzung und der Körnung beseitigt. Die Feuersgefahr ist außerordentlich groß; das Verfahren ist verhältnismäßig kostspielig, und da ferner die Anwesenheit der geringsten Spuren von Lösungsmittel den Kautschuk stark schwächt, muß übermäßige Sorgfalt auf die Entfernung auch der letzten Reste desselben angewandt werden. Das Verfahren gestattet jedoch, eine viel offenere Struktur zu erzielen, so daß es bis zur Entwicklung geeigneter Methoden betreffend der Anwendung wäßriger Kautschukdispersionen in hohem Ansehen stand.

Mit der Einführung von Latex als marktgängige Ware setzte eine außerordentlich starke Forschungstätigkeit ein, mit dem Ziel, dieses Material für die Herstellung von Schleifscheiben anwendbar zu gestalten.

Unter den ersten diesbezüglichen Patenten finden wir A. P. 1 668 439, 1 668 475 und 1 668 476 vom 1. Mai 1928 von *W e s c o t t*. In dem ersten derselben schlägt *W e s c o t t* vor, die Kautschukmasse durch Vermischen von Asbestfaser mit dem Latex zu verstärken. Frühzeitige Koagulation des Kautschuks im Latex wird durch Hinzufügen eines Schutzkolloides, wie z. B. Haemoglobin, verhindert. Das Verfahren ist durch folgenden Arbeitsgang gekennzeichnet: entweder trockene oder nasse Vermischung des Schleifkornes, Asbestes und Schwefels und Zusatz von Wasser, dann Vermischen dieser Komponenten mit dem geschützten Latex: Die Verhältnisse sind aus folgendem Beispiel ersichtlich:

Schleifkorn	1000	Teile	
Asbest	25	„	
Schwefel	100	„	
Wasser	200	„	
Kautschuk	100	„	als 30%iger Latex
Haemoglobin	25	„	

Nach Mischung wird der Gegenstand geformt und dann im Vakuum bei Temperaturen, die 66° C nicht übersteigen, getrocknet, im noch warmen Zustand gepreßt und schließlich vulkanisiert. Wenn der roh geformte Gegenstand geschnitten werden muß, geschieht dies nach der Trocknung, aber vor der Vulkanisation.

Als Alternativum wird angegeben, daß man das Schutzkolloid weglassen kann, wenn die Asbestfaser erst für 10 bis 15 Minuten mit einer kochenden 5%igen Salz- oder Schwefelsäurelösung behandelt, von der Säure freigewaschen und getrocknet worden ist. Der Latex wird dann nicht koaguliert, sondern soll den Asbest ebenso leicht durchdringen, wie gewöhnliche pflanzliche Fasern.

Im A. P. 1 668 475 beansprucht *W e s c o t t* Schutz für die Herstellung »kautschukgebundener Schleifmassen« aus Latex, darin bestehend, daß

er an Stelle des vorerwähnten Asbestes gemahlene Altgummi anwendet. Der vermahlene Altgummi soll die Kautschukteilchen des Latex verbinden und somit eine dem Asbest ähnliche Wirkung ausüben.

A. P. 1668 476 schützt eine weitere Abänderung, gemäß der das Schleifkorn vorerst mit einer Haftmasse bedeckt wird, die sowohl am Korn als auch an der Bindemasse festhält. Als solche Zwischenbindemittel werden beispielsweise aufgeführt: Leim, Kasein, Gilsonite, Mineral Rubber, Bakelit, Fischöl, Leinöl und gewisse elastische Lacke. Es wird behauptet, daß einige derselben nicht nur an dem Korn und den faserigen Füllstoffen, sondern auch am Hartgummi selbst gut haften.

Erwähnt sei das A. P. von Webster 1681 891 vom 21. August 1928, das ebenfalls an die Norton Co. übertragen ist. Gemäß diesem Patent werden Schleifmassen hergestellt, indem man vorerst das Schleifkorn und den Schwefel mit einer Substanz vermischt, die in der Lage ist, die Viskosität des Latex so zu erhöhen, daß das Korn ohne Gefahr der Sedimentation einheitlich in ihn verteilt werden kann. Als Beispiel einer solchen Substanz empfiehlt Webster eine Kautschuklösung in einem geeigneten Lösungsmittel, wie beispielsweise Petroleum (Solventnaphtha). Als Beispiel einer Mischung gibt er folgende an:

Kautschuklatex	18,4%	100%
Schwefel	3,5%	
Schleifkorn	69 %	
2,5proz. Lösung von Kaut-		
schuk in Petroleum	9,1%	

Nachdem das Schleifkorn, der Schwefel und die Kautschuklösung vermischt wurden, wird der Latex zugesetzt und bis zu völliger Homogenität vermischt. Die Mischung wird dann in eine geeignete Form gegossen und zur Entfernung des Wassers und des Kautschuklösemittels getrocknet. Dann wird sie ähnlich wie bei Wescott gepreßt und vulkanisiert. Der Vorteil dieses Verfahrens ist in der Verdickung des Latex bis zu einer das Absetzen der Füllstoffe verhindernden Konsistenz zu erblicken.

Im Kanad. P. 390 996 vom 2. Juli 1929, das an die Carborundum Co. Ltd. übertragen ist, beschreibt Harry C. Martin ein Verfahren, Schleifmassen aus Latex zu erzeugen, indem der Latex erst bis zu einer Konsistenz aufgedickt wird, bei der ein Absetzen der Schleifkörner nicht mehr erfolgt. Die Viskosität soll im allgemeinen höherliegen als 300 Saybolt bei 21° C. Die Verdickung kann durch verschiedene Methoden erzielt werden, und zwar beispielsweise:

1. Neutralisation der negativen Ladung des Kautschukteilchens durch Zugabe positiv geladener Partikel.
2. Absorption von Wasser durch Zugabe eines absorbierenden Materials, wie beispielsweise Kieselgur.
3. Mechanische Entfernung des Wassers, beispielsweise durch Zentrifugieren.
4. Durch Zugabe von Salzen, wie beispielsweise Bleiacetat oder Aluminiumsulfat.

Die Füllstoffe werden dem Latex vor der Koagulation zugesetzt, der Schwefel in Form einer wäßrigen Dispersion, die man gewinnt, indem man Schwefel unter Wasser bei Anwesenheit einer geringen Menge eines Schutzkolloids, beispielsweise Kasein, bis zu einer Teilchengröße von weniger als 1μ vermahlt.

Als typisches Beispiel wird der Latex erst verdickt oder geflockt, d. h. die Latexteilchen werden durch teilweise Koagulation agglomeriert. Dies geschieht, indem man von einer gesättigten Bleiacetatlösung, ungefähr 10% auf den Kautschukgehalt berechnet, dem Latex unter dauerndem Rühren langsam zufließen läßt. Eine Menge geflockten Latex entsprechend 8 Teilen Kautschuk und 4 Teilen Schwefel, wird mit 70 Teilen Schleifkorn vermischt und in eine Platte verwandelt, indem man sie in eine Form einstampft. Die Platte wird dann im zunehmenden Vakuum getrocknet, d. h. man beginnt bei Atmosphärendruck, um bei einem Quecksilbervakuum von 29 Zoll und einer unter 71° C liegenden Temperatur abzuschließen. Das Trockenverfahren kann auch zum Teil dadurch ersetzt werden, daß man schon mittels Druck einen Teil des Wassers abpreßt.

Wenn die Platte getrocknet ist, wird sie in eine Form gebracht und unter einem Druck von ungefähr 100 lbs. pro Quadratzoll für 3 bis 10 Minuten auf die Schmelztemperatur des Schwefels (115° C) erwärmt. Hierauf wird der Druck gesteigert und in den nächsten 5 Minuten auf 5000 lbs. pro Quadratzoll gehalten. Der so vorgeformte Gegenstand wird nun der Form entnommen und wie üblich vulkanisiert. Obwohl Latex als Grundstoff der Kautschukbindemassen die Vorteile der Kautschuklösungen, und zwar die Möglichkeit der Reproduktion der Ware bezüglich Körnung, Struktur usw. aufweist und darüber hinaus nicht die Nachteile in der Verarbeitung von Kautschuklösungen, wie Feuergefahr, Arbeiten mit verflüchtigen Substanzen, teure Lösungsmittel usw., mit sich bringt, so kann auch Latex keineswegs als ideal bezeichnet werden, da er wieder für ihn charakteristische Nachteile in die Verarbeitung einschließt. Beispielsweise ist natürlicher Latex so dünnflüssig, daß das Schleifkorn sich absetzt. Hierdurch ist aber der Kautschuk in den oberen Schichten der Mischung konzentrierter, wie *Martin* und auch *Webster* richtig erkannten.

Seit Einführung der künstlichen Kautschukdispersionen hat die *Carborundum Co.* sich sehr eingehend mit dem Studium dieser Substanzen befaßt, mit dem Ergebnis, daß eine Anzahl Patente bekannt wurden, die beachtenswerte Fortschritte auf dem Herstellungsgebiet »kautschukgebundener Schleifscheiben« enthalten.

Im Kanad. P. 290 995 vom 2. Juli 1929, das wie das vorerwähnte Martinpatent an die *Carborundum Co.* übertragen wurde, stellt *Benner* erstmalig die Bedeutung wäßriger Kautschukdispersionen und den Gedanken ihrer Anwendbarkeit fest. Die beiden Patente wurden in dem der *Carborundum Co. Ltd.* gehörenden E. P. 311 104 kombiniert. Die von *Benner* entwickelte Technik ist dem Martinschen Verfahren ähnlich, nur erübrigt sich bei der Anwendung künstlicher Kautschukdispersionen die Flockung. Diese Dispersionen weisen einen

Kautschukgehalt von 40 bis 50% auf und sind außerdem durch Zusatz kolloiden Tones (beispielsweise Bentonit) hinreichend viskos, um das Schleifkorn zu suspendieren.

Eine weitere Entwicklung auf dem Gebiete der Anwendung künstlicher Dispersionen für die Herstellung »kautschukgebundener Schleifscheiben« ist in dem ebenfalls der *Carborundum Co. Ltd.* gehörenden bzw. auf sie übertragenen E. P. 360 482 vom 9. November 1931 und in dem Kanad. P. 325 138 vom 16. August 1932 enthalten, welches letzteres von *Nelson und Porter* angemeldet wurde. *Nelson und Porter* haben festgestellt, daß der Kautschuk aus künstlichen Dispersionen, vor allem im unvulkanisierten Zustand eine ausgesprochene Haftung am Schleifkorn aufweist. Sie fanden ferner, daß eine Mischung aus Schleifkorn und künstlicher Kautschukdispersion der üblichen Schwefelmenge und etwaiger zusätzlicher Ingredienzien, durch Anwendung schwacher Koagulatoren, wie Bleiacetat, koaguliert und auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 5 bis 7% getrocknet, leicht in die einzelnen Schleifkörner aufgebrochen werden kann, an denen die Kautschukmischung festhaftet. Das Aufbrechen läßt sich leicht bewirken, wenn man die auf den sogenannten »kritischen« Feuchtigkeitsgehalt heruntergetrocknete Mischung durch ein gewöhnliches Sieb preßt. Die so wieder aufgeteilte Mischung wird nun restlos getrocknet und man erhält eine Masse, die noch weiter in die einzelnen Schleifkörner, die nunmehr mit Kautschukmischung überzogen sind, verteilt werden kann. Die endgültige Aufteilung der Mischung wird zweckmäßig in einer Art Dreschmaschine vorgenommen.

Wie erwähnt, besteht das Produkt nunmehr aus einzelnen Schleifkörnern, umgeben von Bindemasse. So wie die Masse nun vorliegt, stellt sie ein außerordentlich wertvolles Zwischenprodukt für die Herstellung »kautschukgebundener Schleifscheiben« dar. Man kann Schleifmassen aus diesem Material einfach dadurch herstellen, daß man die Masse in eine Form schüttet und den Überschuß ähnlich wie bei Sandformen in Gießereien oder dergleichen abstreicht.

Die Herstellung »kautschukgebundener Schleifmassen« hat durch diese Entdeckung einen außerordentlichen Fortschritt zu verzeichnen. Schon allein die Tatsache, daß man nach diesem Verfahren die Form füllt und durch einfaches Abstreichen den Überschuß entfernen kann, ist von ausschlaggebender Bedeutung, wenn man sich die Einheitlichkeit vor Augen hält, die zur Erzielung zufriedenstellender Ergebnisse beim Betrieb rasch rotierender Scheiben Grundbedingung ist. Das Verfahren hat aber noch eine Anzahl anderer Vorteile. Beispielsweise muß bei nach dem Walzverfahren hergestellten Gegenständen die Mischung auf eine vorbestimmte Dicke gewalzt werden, aus der dann der Gegenstand gestanzt wird. Der verbleibende Überschuß muß nun entweder solange gelagert werden, bis sich hierfür wieder Verwendung ergibt oder er ist als Abfall zu werten. Nach dem *Nelson-Porter-Verfahren* braucht man immer nur soviel Mischung wie gerade erforderlich ist, anzusetzen. Will man aber andererseits aus irgendeinem Grunde Mischung im voraus herstellen, so läßt sich dieselbe nahezu unbegrenzt ohne Schädigung lagern.

Schließlich weist das Verfahren den von Benner aufgezeigten Vorteil auf, daß die künstlichen Dispersionen viel stabiler und deshalb dem Latex vom kaufmännischen Standpunkt aus überlegen sind und daß ihre Verarbeitung keine nennenswerten Schwierigkeiten mit sich bringt. Latex koaguliert sehr leicht und erfordert somit größte Sorgfalt in der Verarbeitung. Künstliche Dispersionen sind so stabil, daß man die Verarbeitung einem gewöhnlichen Arbeiter überlassen kann, ohne Gefahr zu laufen, daß die Mischung mißlingt.

Kurz zusammengefaßt kann man sagen, daß künstliche Dispersionen ideal für den Zweck sind, und daß die Verbesserungen, die Nelson und Porter gefunden haben, in Kombination mit dem Benner-Verfahren als merklicher Fortschritt auf dem Gebiete der Herstellung »kautschukgebundener Schleifscheiben« zu bewerten sind.

Das Nelson-Porter-Verfahren gestattet auch die Herstellung von Schleifmassen mit bisher unbekanntem Eigenschaften, da die einzelnen überzogenen Schleifkörner in Gegenstände außerordentlicher Porosität verarbeitet werden können. Dieser Porositätsgrad ist bisher nur annähernd mit Hilfe des Lösungsverfahrens erzielt worden. Da Latex zu einer kontinuierlichen Kautschukmasse koaguliert, sind Gegenstände, die aus Latex hergestellt wurden, zwar vielleicht etwas offener als die nach dem Walzverfahren gewonnenen, entschieden dichter aber als nach dem Nelson-Porter- oder Benner-Verfahren, in welchem letzterem die Mischung, wie erwähnt, geformt und getrocknet wird, ohne daß sie inzwischen nochmals aufgebrochen wird. Es ist demgemäß unter Ausübung des Nelson-Porter-Patentes möglich, Gegenstände herzustellen, die eine in weiten Grenzen variierbare Dichte je nach, vor und während der Vulkanisation angewandten Druck aufweisen. Die Härte läßt sich durch Einführung der bereits beim Walzverfahren erörterten üblichen Füllstoffe erzielen, so daß jeder Typus und jede Schleifeigenschaft auf gänzlich neue Art leicht herstellbar ist.

Wir hoffen, daß diese Zusammenfassung der Geschichte und die Erörterung des heutigen Standes der Herstellung »kautschukgebundener Schleifmassen«, insbesondere für die von Wert ist, die vornehmlich an Kautschuk in seiner üblichen Verarbeitung interessiert sind und nur gelegentlich mit Schleifmassen zu tun haben. Wir hoffen aber auch, daß die Darstellung der Probleme, die den Fabrikanten von Schleifmassen betreffen, sowie ihre Lösungen, so weit sie bis jetzt gefunden wurden, hierzu beitragen werden. Wir glauben, daß die »kautschukgebundenen Schleifscheiben« erst jetzt die Rolle in der Schleifmittelindustrie zu spielen beginnen, die ihnen zusteht. So bedeutend die Entwicklung auf diesem Gebiete in den letzten Jahren auch gewesen sein möge, so kann man für die nächste Zukunft noch bedeutend größere Fortschritte voraussagen, die den Verbrauch von Kautschuk durch den Hersteller von Schleifscheiben auch für die vornehmlich an der Kautschukgewinnung interessierten Kreise beachtenswert machen wird. Diese Fortschritte werden aber auch den Verbrauchern von Schleifmassen ein neues Material an Hand geben, das für die Industrie ganz allgemein von Vorteil sein sollte.

Literatur und Patentauszüge

Die mit einem Sternchen versehenen Patentauszüge sind bereits im Text des vorhergehenden Abschnittes besonders besprochen worden.

Amerikanische Patente

1. Biddle, Nr. 1 764 928, 17. Juni 1930; angemeldet 15. Juni 1926: Biegsame Schleifscheiben werden nach folgendem Rezept hergestellt:

Kautschuklatex (35% Kautschukgehalt)	100
Bentonit	2
Zinkoxyd	2
Schwefel	3
Wasser	5
Gekörntes Carborundum	50

Ton, Zinkoxyd und Schwefel werden erst mit Wasser zu einer Paste angeteigt, dann wird der Latex zugefügt, die Masse gemischt und das Carborundum unter abermaliger guter Durchmischung zugefügt. Die Masse wird hierauf in die gewünschte Form gebracht. Die Patentschrift erwähnt zwar die Möglichkeit, künstliche Kautschukdispersionen anzuwenden, in den Beispielen ist aber nur von Latex die Rede.

2. Burlew, Nr. 1 692 329, vom 20. November 1928; angemeldet am 10. September 1927: Eine Schleifscheibe, die insbesondere für zahnärztlichen Gebrauch geeignet ist, wird aus gepulvertem Schleifkorn und zerkleinertem Schwammkautschuk als Bindemasse hergestellt. Der Schwamm soll sich hierbei mit dem Kautschuk verbinden und das Herausbrechen oder -reißen von kleinen Teilchen aus der Scheibe verhindern. Folgendes Mischungsverhältnis wird angegeben:

Schwamm (so zerkleinert, daß er ein Sieb von 20 Maschen pro Zoll passiert)	10—40%
Kautschuk	15—50%
Schleifmaterial	30—40%

3. Webster, Nr. 1 687 410, vom 9. Oktober 1928; angemeldet am 30. Oktober 1925. Verfahren zur Herstellung eines kautschukgebundenen Schleifmaterials mit offener poröser Struktur, dadurch gekennzeichnet, daß der Kautschuk aus dem Latex um das Schleifmaterial herum koaguliert wird. Die Anwendung von Beschleunigern ist erwähnt. Ein typisches Beispiel enthält:

Siliziumkarbid Schleifkorn	60 lbs.
Kautschuk-Latex	20 „
Schwefel	4 „
Hexamethylentetramin	1/2 oz.

Die Komponenten werden erst gründlich vermischt und dann wird der Kautschuk aus dem Latex durch langsamen Zusatz einer Lösung von Zinkacetat oder anderen geeigneten Koagulation ausgefällt bis er eine käseartige Konsistenz aufweist.

* 4. Webster, Nr. 1 681 891, vom 21. August 1928; angemeldet 26. Oktober 1926. Schleifmaterialien werden aus den folgenden Substanzen hergestellt:

Kautschuk-Latex	18,4%	} (100%)
Schwefel	3,5%	
Schleifkorn	69,0%	
2,5proz. Kautschuklösung in Petroleum	9,1%	

* 5. Johanson und Webster, Nr. 1 676 190, vom 3. Juli 1928; angemeldet am 18. August 1925. Verbesserung in der Herstellung von »kautschukgebundenen Schleifscheiben«, gekennzeichnet durch Erweichung der Bindemasse infolge eines Zusatzes von $\frac{1}{8}$ oz. Bienenwachs auf 1 lb. Bindemasse.

* 6. Wescott, Nr. 1 668 476, vom 1. Mai 1928; angemeldet am 16. September 1925. Eine Schleifmasse bestehend aus Schleifkorn, das mit einer Zwischenschicht von Bindemasse bedeckt ist, die imstande ist, die überzogenen Schleifkörner mit dem Bindemittel fest zu vereinigen. Die beanspruchte Bindemasse besteht aus Kautschuk, wovon ein Teil aus geliertem Latex besteht. Die Bindemasse ist durch die ungeordnete Verteilung von Faserstoffen verstärkt.

* 7. Wescott, Nr. 1 668 475, vom 1. Mai 1928; angemeldet am 18. November 1922. Eine Schleifmasse, bestehend aus Schleifkorn enthaltendem Hartgummi. Die Schleifkörner weisen natürliche scharfe Kanten und normale Körnung auf. Lange beliebig orientierte Baumwollfasern sind im Hartgummi verteilt, die Kautschukbindemasse ist aus geliertem Latex in einem Arbeitsgang hergestellt und macht ungefähr 10% des gesamten Gegenstandes aus.

* 8. Wescott, Nr. 1 668 439, vom 1. Mai 1928; angemeldet am 11. Januar 1927. Schleifmasse, bestehend aus Schleifkorn, das durch Filme von Latex-Kautschuk zusammengehalten wird. Der Kautschuk enthält eine kleine Menge in ihm verteilter Asbestfasern (und auch Haemoglobin).

* 9. Webster, Nr. 1 655 396, vom 3. Januar 1928; angemeldet am 14. April 1926. Schleifmaterial, bestehend aus Schleifkorn, das durch vulkanisierten Kautschuk gebunden ist. In dem Kautschuk ist eine Substanz enthalten, die die Eigenschaften des Kautschuks so zu ändern vermag, daß er hitzebeständig wird und daher die beim Betrieb der Schleifscheibe auftretende Hitze besser aushält und das Schleifkorn besser zurückhält (als derartige Zusatz wird ausdrücklich die Verwendung eines Kunstharzes [Phenolkondensationsproduktes] in Mengen von nicht mehr als 30% erwähnt).

10. Slager, Nr. 799 200, vom 12. September 1905. Eine Polierscheibe, bestehend aus Schleifkorn, Kautschuk und einem Fasermaterial wie Wollfasern in fein verteilter Form.

11. Roberts, Nr. 785 231, vom 21. März 1905. Ein Poliermaterial, bestehend aus Kautschuk, Schwefel, Kalk, Schmirgel, Haare, Polierrot und Zinksulfit. Das Haar soll hierbei sowohl die einzelnen Substanzen miteinander besser verbinden als auch die zu polierenden Gegenstände auf Hochglanz bringen.

12. **Fritschau, Nr. 574 449**, vom 5. Januar 1897. Ein Scheuermaterial, bestehend aus gewöhnlichem Schwamm, gefüllt und verbunden mit einer vulkanisierten Mischung aus Kautschuk, Schwefel und Schleifpulver (s. Nr. 2, Burlew).

13. **Hasey, Nr. 426 994**, vom 29. April 1890. Eine Polierscheibe für zahnärztlichen Gebrauch, bestehend aus gleichen Gewichtsteilen granuliertem Kork und Kautschuk, gemischt, geformt und vulkanisiert.

14. **Harper, Nr. 238 502**, vom 8. März 1886. Eine Schleifmasse, bestehend aus:

Schmirgel . . .	7 Teile
Kautschuk . . .	4,5 „
Schwefel . . .	1/2 Teil

15. **Mayall, Nr. 125 600**, vom 9. April 1872. Verfahren zur Herstellung einer für die Erzeugung von Schleifmaterial geeigneten Mischung, dadurch gekennzeichnet, daß erst Kautschuk und Schwefel in Petroleum gelöst werden und diese Lösung mit Schmirgel vermischt wird.

16. **Mayall, Nr. 22 606**, vom 11. Januar 1859. Eine Schmirgelscheibe wird aus folgender Mischung hergestellt:

Schmirgel . . .	5 lbs.
Kautschuk . . .	1 lb.
Schwefel . . .	5 ozs.
Olivenöl . . .	1 oz.

Das Olivenöl soll das Produkt zäher und elastischer machen.

Englische Patente

17. **Etablissement Horstmann, Ser. Nr. 25 119**; ausgelegt am 7. September 1931. Eine Schleifscheibe zum Polieren lackierter Oberflächen, bestehend aus:

Schleifpulver	65%
Kautschukbindemittel . . .	33%
Schwefel	2%

* 18. **Carborundum Company Ltd., Nr. 360 482**, vom 9. November 1931. Herstellung geformter Schleifmassen, dadurch gekennzeichnet, daß erst das Schleifkorn vorbehandelt wird, indem die Teilchen mit einem Füllstoff, einem Schutzkolloid und vulkanisierenden Ingredienzien in einer Kautschukdispersion vermischt werden, mit hierauf folgender Trocknung der Mischung bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt von 5 bis 7% und darauf folgende Zerkleinerung der Mischung mit vorerwähntem Feuchtigkeitsgehalt (einschließlich der weiteren Trocknung der zerteilten Mischung bis zu einem dem hygroskopischen Gleichgewicht der Umgebung entsprechenden Feuchtigkeitsgehalt).

19. **Carborundum Company Ltd., Nr. 349 602**, vom 26. Mai 1931. Eine Schleifmasse, bestehend aus körnigem Material, zusammengehalten durch eine wäßrige Kautschukdispersion, die durch einen Erweicher wie Benzol gequollen ist, der in der Emulsion zurückgehalten wird.

* 20. Carborundum Company Ltd., Nr. 311 104, vom 9. Mai 1929. Verfahren zur Herstellung »kautschukgebundener Schleifmassen«, dadurch gekennzeichnet, daß Schleifkörner mit einer Kautschukdispersion (natürliche oder künstliche) gemischt werden und darauffolgende Verwandlung der Kautschukdispersion in Kautschukbindemasse.

21. Soc. de Paris et du Rhone, Nr. 306 938. Die Scheibe oder der Zylinder einer Fußbodenschleifmaschine besteht aus einer biegsamen Masse, beispielsweise Kautschuk, in der Schleifmaterial enthalten ist.

22. Rubber Latex Research Corp., Nr. 301 077, vom 13. Februar 1930. Verfahren zur Herstellung kautschukgebundener Gegenstände, ausgehend von Latex in dem Haemoglobin, Zinkoxyd und andere Substanzen, wie beispielsweise Faserstoffe, Kautschukabfälle, feine körnige Schleifmaterialien oder Mischungen derselben, enthalten sind. Diese anderen Materialien werden dem Latex zugefügt, nachdem Haemoglobin zugefügt worden ist, aber vor oder nach der Zufügung von Zinkoxyd, das mit dem Haemoglobin reagiert und die Mischung aufdickt.

23. Jaspert, Nr. 15 796 (1905). Schleifsteine zur Bearbeitung von Achat, Marmor usw., bestehend aus folgenden Komponenten:

Kautschuk	300 Teile
Schmirgel, Feuerstein, Carborundum oder andere Schleifmittel	750 „
Schwefel	85 „
Gum lac	30 „

Die Substanzen werden miteinander vermischt und zwecks Bildung einer plastischen Masse erhitzt. Die Masse wird dann in eine Form entsprechender Größe gegossen und hohem Druck ausgesetzt. Das Gußstück wird dann in ein Bad von geschmolzenem Schwefel für 5 Stunden gebracht. Diese Mischung soll sich besonders zur Herstellung sehr dünner Scheiben und solcher Gegenstände eignen, die leicht der Bruchgefahr ausgesetzt sind.

24. Clark, Davies und Russell, Nr. 2374 (1903). Eine kombinierte Schleif- und Polierscheibe, bestehend aus fein gepulvertem Leder = 5 bis 25 Teile und Schmirgel = 100 Teile. Gelöster Kautschuk, gekochtes Leinöl, Schellack oder eine ähnliche Substanz, die nicht erhitzt werden muß, kann als Bindemittel Anwendung finden.

Kanadische Patente

* 25. Nelson und Porter, Nr. 325 138, vom 16. August 1932 (s. E. P. Nr. 360 482 unter Nr. 18).

26. Pratt, Nr. 301 666, vom 1. Juli 1930. Ein Verfahren zur Herstellung von Schleifscheiben oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, daß Schleifkörner, ein vulkanisierendes Mittel und eine wäßrige Kautschukdispersion, die kolloidalen Ton als Dispersions- und Stabilisationsmittel enthält, zu einer homogenen formbaren Masse vermischt werden. Formung dieser Masse in beliebige Gestalt und Vulkanisation des Kautschuks.

* 27. Martin, Nr. 290 996 (s. E. P. Nr. 311 104 unter Nr. 20).

* Benner, Nr. 290 995 (s. E. P. 311 104 unter Nr. 20).

29. Biddle, Nr. 279 851, vom 1. Mai 1928. Verfahren zur Herstellung einer Schleifmasse, dadurch gekennzeichnet, daß wäßrige Dispersionen von Kautschuk mit einem Schleifmaterial vermischt und das Wasser aus dieser Mischung entfernt wird.

30. King, Nr. 197 806, vom 2. März 1920. Verfahren zur Herstellung einer abreibenden Masse, dadurch gekennzeichnet, daß Vulkanisationsmittel und Vulkanisationsbeschleuniger (z. B. Paranitrosodimethylanilin) zu einer vulkanisierbaren Bindemasse hinzugefügt werden und Schleifkorn beigemischt wird. Komprimieren der Masse für kurze Zeit zwecks Erzielung der erwünschten Form und Vulkanisation der Bindemasse.

Deutsche Patente

31. Gesellschaft des Echten Naxos-Schmirgels, Naxos-Union-Schmirgel-Dampfwerk Frankfurt a. M., vom 28. März 1881. Verfahren zur Herstellung von Schleifgegenständen, dadurch gekennzeichnet, daß 100 Teile Kautschuk geschmolzen werden und mit 25 Teile Schwefel und 450 bis 1050 Teilen Schleifkorn vermischt werden. Formung der Masse unter Druck und Herstellung des Gegenstandes durch Erhitzen auf ungefähr 300° C.

Schweiz. Patente

32. Borel-Kappe, Nr. 120 216, vom 20. April 1926. Verfahren zur Herstellung eines »schwammgebundenen Schleifmaterials«, darin bestehend, daß 1,5 Teile von Korund mit einem Teil der folgenden Mischung vereinigt werden:

Kautschuk	82	Teile
Goldschwefel	10	„
Schwefel	7,5	„
Ammoniumcarbonat	6	„

Fachzeitschriften

India Rubber World:

Vol. 82 (5), 53-55, August 1930. »Rubber in the Grinding Wheel Industry« von Joseph Kuzmick.

Vol. 83 (4), 56-57 und 60, Januar 1931. »Rubber Bonded Grinding Wheels. What the user of organic bonded wheels should know« von Joseph M. Kuzmick und J. A. Lange.

Vol. 84 (3), 63-65, Juni 1931. »Rubber Grinding Wheels« von J. Rossman.

Abrasive Products of Canada. Technology and Application. Teil IV »Artificial Abrasives and Manufactured Abrasive Products and Their Use« von V. L. Eardley-Wilmot, 1929, pp. 50-51. (Veröffentlichung Nr. 699 der Mines Branch, Dominion of Canada).

LATEX-TECHNOLOGIE

VON PROF. DR. E. A. HAUSER, WIEN

Einleitung

Die direkte Verarbeitung von Latex bzw. Latexkonzentraten und auch künstlichen latexartigen Dispersionen von Rohkautschuk, Regenerat, Altgummi, synthetischen Latices u. dgl.¹ hat in den letzten Jahren trotz des anfänglich von vielen Seiten immer wieder geäußerten Pessimismus einen derartigen Aufschwung genommen, daß eine separate Besprechung dieses verhältnismäßig neuen Rohmaterials und seiner Verarbeitungsmethoden gerechtfertigt erscheint. Aber auch die Bezeichnung »Latex-Technologie« kann keineswegs mehr als verfrüht oder zu Unrecht bestehend bezeichnet werden, da wir auf Grund der jüngsten Entwicklungen, über die im folgenden berichtet werden soll, zur Erkenntnis gelangt sind, daß die Verarbeitungsmethoden des Latex zu den verschiedensten Gegenständen und Produkten von denen des Rohkautschuks zumeist so verschieden sind, daß man von einer eigenen Technologie ohne weiteres zu sprechen berechtigt ist.

Über die Verarbeitungsmöglichkeiten und Methoden von Latex ist in den letzten Jahren eine Unzahl von Arbeiten und eine fast noch größere Anzahl von Patenten bekanntgeworden. Es würde die folgende Darstellung unnötig belasten und ihre beabsichtigte Übersichtlichkeit erheblich beeinträchtigen, wenn jeweils auf die einzelnen Literaturzitate (sehr oft finden wir eine größere Anzahl von Arbeiten und Patentschriften verschiedener Forscher über praktisch das gleiche Thema) ausführlich und lückenlos hingewiesen werden sollte. Ein näheres Eingehen auf dieselben erscheint auch heute deshalb überflüssig, weil wir eine Anzahl zusammenfassender Schriften und Patentsammlungen besitzen, auf die der an diesem Abschnitt besonders interessierte Leser leicht zurückgreifen kann. Von diesen Schriften sei als für ein eingehenderes Studium besonders geeignet, auf die folgenden hingewiesen. Die älteste und erste zusammenfassende Arbeit über Latex, in der auch über die industrielle Verarbeitung des Kautschukmilchsaftes bereits eingehend berichtet wird, und die einen für den damaligen Zeitpunkt als komplett zu bezeichnenden Patentanhang² aufweist, ist die im Jahre 1927 bei Th. Steinkopff, Dresden, erschienene Monographie »Latex« aus der Feder des Verfassers dieses Abschnittes.³ Ferner sei auf die in englischer und französischer Sprache nunmehr bereits in zweiter Auflage vorliegende Monographie »Rubber Latex« von H. P. und W. Stevens verwiesen, die von der Rubber Growers Association in London herausgegeben wurde. Auch diese Broschüre enthält einen wertvollen Anhang englischer auf

¹ Siehe z. B. Patterson, P. D., T.I.R.I. 8 (1932) S. 80

² Von Patentanwalt Dr. Böhm v. Börnegg verfaßt.

³ In englischer Übersetzung verlegt von der Chemical Catalogue Co., New York
—London, 1930.

Latex bezüglicher Patente.^{3a} Schließlich sei der Leser auf die hervorragende Patentschriftensammlung verwiesen, die unter dem Titel »Latex and its Industrial Application« von F. Marchionna verfaßt und von der »The Rubber Age Publishing Co., New York, 1933«, verlegt wurde. Manches sonst noch Interessante mag in den Schriften vom Verfasser dieses Abschnittes und von P. Stamberger entnommen werden, die unter dem Titel »The Colloid Chemistry of the Rubber Industry« bei der Oxford University Press (London) als Sammlung der »Gow Lectures« erschienen sind. Die vorerwähnten Schriften enthalten alles Wünschenswerte, was über das Gesamtproblem des Latex und seiner industriellen Verwendung, soweit die patentrechtliche Seite oder der Hinweis auf spezielle Literaturzitate in Frage kommt, zu sagen ist. In den letzten Jahren sind dann noch einige Arbeiten erschienen, die sich mit der Zusammenfassung der wichtigsten wissenschaftlichen Fortschritte auf dem Gebiete des Latex befassen. Eine große Anzahl von ihnen, aus der Feder von Bruni, Klein, Twiss, Trobridge, Warren, Carrington, Hauser u. a. m., sind sämtlich in den Transactions of the Institution of the Rubber Industry in den Jahrgängen 1931, 1932, 1933 zu finden. Die vollständigste und objektivste Zusammenfassung der letzten Zeit verdanken wir V. N. Morris und W. H. Greenup, die in »The Industrial and Engineering Chemistry«, Band 24, S. 755 ff., Juli 1932, erschienen ist. Im besonderen enthält diese Arbeit ein sehr ausführliches Literaturverzeichnis. Außer den zumeist monatlich erscheinenden Fachzeitschriften der verschiedenen Länder, sei auf die monatlich von der »Research Association of British Rubber Manufacturers« (Croydon) herausgegebene »Summary of Current Literature« ganz besonders verwiesen, da diese bei weitem als vollständigste laufende Sammlung anzusprechen ist. Die wichtigsten Arbeiten finden wir zumeist in der von der Amerikanischen Chemischen Gesellschaft (Rubber Division) herausgegebenen Zeitschrift »Rubber Chemistry and Technology« zusammengefaßt.

In den folgenden Zeilen wird, dem Grundgedanken des vorliegenden Handbuches entsprechend, von der Erörterung botanischer sowie planztagenwirtschaftlicher Probleme Abstand genommen⁴, ebenso wie Probleme, die die Gewinnung, Konservierung und Konzentration von natürlichem Latex⁵, die Darstellung künstlicher Latexdispersionen oder synthetischer Latices betreffen, nicht behandelt werden, sondern wir wollen

^{3a} Siehe auch »Digest of patents dealing with Rubber and or Latex in road-construction materials«, herausgegeben von der R.G.A., London. Siehe auch »Chimie et Technologie du Latex de Caoutchouc« von Georges Genin (Verlag der Rev. Gén. du Caout., Paris) und »Das Latex-Zeitalter« Gummi-Ztg. 48 S. 153.

⁴ Es sei noch auf das Buch »Kautschuk«, eine wirtschaftsgeographische Monographie von Dr. Gustavkarl Hübner, Chem.-techn. Verlag Dr. Bodenbender, Berlin-Steglitz (1934), ganz besonders verwiesen, in dem eine sehr wertvolle Literaturzusammenstellung zu finden ist.

⁵ Siehe Abschnitt »Botanik« im »Handb. d. Kautschukw.« von Memmler (Verlag S. Hirzel, Leipzig).

uns ausschließlich auf die Besprechung der Verarbeitungsmöglichkeiten dieser Rohmaterialien beschränken.

Um das gesamte Kapitel so übersichtlich wie möglich zu gestalten, und dem Leser den Vergleich mit den bisherigen Methoden zur Erzeugung des einen oder anderen Gummiproduktes zu erleichtern, wird die Einteilung so gut wie möglich entsprechend derjenigen des restlichen Werkes vorgenommen werden, mit dem einzigen Unterschied, daß zum Abschluß des vorliegenden Kapitels noch solche Verwendungsgebiete von Latex kurz besprochen werden sollen, die außerhalb des Rahmens der eigentlichen Gummi-Industrie liegen, sofern sie nicht schon in anderen Abschnitten dieses Handbuches eine erschöpfende Darstellung gefunden haben.

Rohmaterialien

Wir haben heute bei der Besprechung der Technologie des Latex vor allem folgende Rohprodukte ins Auge zu fassen:

1. Natürlicher Latex

in einer Konzentration, wie er praktisch dem Baum entnommen wird, und der lediglich durch Zusatz geeigneter Konservierungsmittel, vornehmlich Ammoniak, stabilisiert wird. Die Konzentration dieses allgemein als »flüssiger Ammoniak-Latex« (liquid ammonia latex) bezeichneten Produktes schwankt je nach der Herkunft zwischen 33% und 45% Trockensubstanz.⁶

2. Latex-Konzentrate

a) Das unter dem Handelsnamen »Revertex« bekannte Konzentrat, das nach Zusatz geeigneter Schutzkolloide durch einfache Verdampfung des überschüssigen Wassers gewonnen wird, weist einen Trockensubstanzgehalt von 73 bis 75% auf.

b) Die durch Zentrifugierung gewonnenen Konzentrate, die unter verschiedenen Handelsbezeichnungen, wie Jatex, Uterex usw., gehandelt werden, weisen einen Trockensubstanzgehalt von etwa 60% auf.

c) Durch Aufrahmung gewonnene Konzentrate, die ebenfalls heute unter den verschiedensten Namen, wie Autex, Helmtex usw., gehandelt werden, weisen einen Trockensubstanzgehalt von etwa 60% auf.

d) Auch Verfahren durch Filtration mittels poröser keramischer Filter führen zu Konzentraten von etwa 60% Trockensubstanzgehalt.

3. Künstliche Kautschukdispersionen,

die von einigen, insbesondere amerikanischen Firmen auf den Markt gebracht werden. Ihre Darstellung beruht im Prinzip darauf, daß Rohkautschuk, Regenerat, Altgummi u. dgl. auf Mischwalzen plastisch gemacht werden und ihnen in diesem Zustand ein zur Wasseraufnahme neigender Füllstoff, der zweckmäßig auch schutzkolloidartige Eigenschaften hat, zugesetzt wird. Nach gründlicher Vermischung erfolgt ein allmählicher Zusatz von Wasser, bis zu dem Moment, in dem eine Phaseninversion er-

⁶ Siehe Memmler, »Handb. d. Kautschukw.«, loc. cit.

folgt (siehe den diesbezüglichen Abschnitt »Gummi in Reibungselementen« Seite 1361).

4. Synthetische Latices

Schließlich seien der Vollständigkeit halber noch die sogenannten synthetischen Latices genannt, wie sie beispielsweise durch entsprechende Emulgierung von Isopren und seinen Homologen erhältlich sind. Am Markt ist derzeit der Duprene-Latex⁷, sowie der Thiokol-Latex⁸ bekannt.

Einige Worte seien in diesem Zusammenhang noch den chemischen Unterschieden der ersten zwei Hauptgruppen gewidmet. Natürlicher, konservierter Latex enthält alle im Latex vorliegenden Bestandteile mit Ausnahme einer gesetzmäßig nicht festlegbaren Menge, die beim Zusatz des Ammoniaks durch die sich hierbei ergebende Bildung von unlöslichem Magnesium-Ammonium-Phosphat als Bodensatz ausgefällt wird. Das Konzentrat »Revertex« enthält praktisch alle Bestandteile des natürlichen Latex, da in demselben so gut wie gar keine mit wasserdampf-flüchtigen Substanzen enthalten sind. Zusätzlich enthält er schwach alkalische Schutzkolloide (Seifen), deren Alkali als nicht verflüchtigbar zu bezeichnen ist. Durch Zentrifugierung oder Filtration gewonnene Produkte weisen außer dem zur Konservierung beigefügten verflüchtigen Ammoniak nur mehr Spuren von anderen im Naturlatex vorhandenen Substanzen wie Eiweiß, Mineralsalze, Harze u. dgl. auf, da bei der Zentrifugierung diese Bestandteile zusammen mit den kleinsten der im Latex vorhandenen Kautschukteilchen in der sogenannten Magermilch bzw. im Filtrat verbleiben. — Bei den durch Aufrahmung erhaltenen Konzentraten würde theoretisch ein ähnliches Bild vorliegen, nur verbleiben in dem gewonnenen Rahm, je nach Art des angewandten Aufrahmungsmittels und der mehr oder minder sachgemäßen Arbeit, gewisse Mengen des meist aus Pflanzenschleimen oder -extrakten bestehenden stark hydrophilen Aufrahmungsmittels.⁹

Chemische Prüfung

Ebenso wie man bei der Verarbeitung von Rohkautschuk auf eine laufende chemische Prüfung des in die Fabrik eingelieferten Rohmaterials bedacht sein sollte (siehe Abschnitt »Chemische Kautschukprüfung« Seite 1), sollten Unternehmungen, die sich mit der Verarbeitung von Latex, gleichgültig in welcher Form, befassen, auch der chemischen Prüfung dieses Rohmaterials ihr Augenmerk zuwenden, wenn sie bei der Verarbeitung weitestgehend von Rückschlägen verschont bleiben wollen.

Die chemische Prüfung — oder wie man hier vielleicht zweckmäßiger sagen sollte — die Materialkontrolle des Latex soll zumindest folgende Untersuchungen beinhalten: ^{9a}

⁷ E. I. du Pont de Nemours and Co. Inc., Wilmington, Del., USA.

⁸ Thiokol Corp. Yardville (Trenton), New Jersey, USA. (Dieses Produkt stellt ein Olefin-Polysulfid-Reaktionsprodukt dar.)

⁹ Eine eingehende Erörterung findet man beispielsweise auch in »Latex«, loc. cit. Siehe auch D. R. P. 414 930; 414 210

^{9a} Es sei auch auf die Ausführungen auf Seite 10 verwiesen, die zu den folgenden Angaben wertvolle Ergänzungen enthalten.

1. Gesamttrockengehaltsbestimmung.
2. Kautschukgehaltsbestimmung.
3. Alkaligehaltsbestimmung.
4. Stabilität.
5. Koagelbestimmung.

Außer diesen für eine einwandfreie Materialkontrolle unerläßlichen Proben erscheint eine laufende Überprüfung der Oberflächenspannung sowie die Feststellung des mikroskopischen Allgemeinbefundes zweckmäßig. Handelt es sich um Latices unbekannter Provenienz bzw. um solche, die nicht als ausgesprochene Marktware bereits bekannt sind, so empfiehlt es sich mitunter, die Sedimentation zu bestimmen. Auch eine qualitative Prüfung der Farbe und des Geruches ist angezeigt. Wenn es sich um eine wirklich als komplett zu bezeichnende Rohmaterialanalyse handeln soll, ist es natürlich auch erforderlich, den aus dem zur Untersuchung gelangenden Latex, sei es nun durch einfache Trocknung oder Koagulation, erhaltenen Rohgummi nach den für diesen maßgeblichen, bereits an anderer Stelle eingehend erörterten Methoden zu prüfen.

1. Bestimmung des Gesamttrockengehaltes

Die Bestimmung der Gesamttrockensubstanz des zu untersuchenden Latex wird am zweckmäßigsten und raschesten gravimetrisch vorgenommen. Eine abgewogene Menge des zu untersuchenden Latex, der, falls zweckmäßig, vorher im bestimmten Verhältnis verdünnt werden kann, wird vorsichtig auf einer vorgewogenen Glasschale (Wägeschälchen) zur Verdampfung gebracht und der verbleibende Film bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Eine rasche, aber für die laufenden Fabriks-

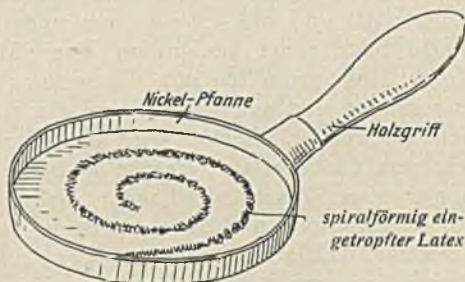


Abb. 1010. Nickelpfanne für Gesamttrockengehalts-Bestimmung

kontrolle hinreichend genaue Methode ist die von P. Scholz und K. Klotz¹⁰ angegebene. Auf eine mit Handgriff versehene kleine Nickelpfanne wird aus einer geeichten Pipette spiralförmig eine bestimmte Menge Latex auffließen gelassen (Abb. 1010). Nach Zugabe von 1 bis 3 ccm Wasser (je nach Konzentration des Latex) wird nun die Nickelpfanne vorsichtig erhitzt, bis in der Pfanne ein gleichmäßig verteilter trockener Film vorliegt. Zwecks Entfernung der letzten Reste von Wasser wird die Probe noch einige Minuten im Trockenschrank bei einer Temperatur von 100 bis 110° C belassen. Nach Abkühlen der Pfanne wird die Trockensubstanz leicht durch Abreiben quantitativ entnommen und gewogen. Die Wägung soll sofort nach dem Abkühlen erfolgen, da Latices, die als

¹⁰ Kautschuk 7 (1931) S. 66

»Whole Rubber« bezeichnet werden können, durch das Vorhandensein schwach hygroskopischer Substanzen rasch eine kleine Gewichtszunahme erleiden könnten.

2. Bestimmung des Kautschukgehaltes

Unter der Bestimmung des Kautschukgehaltes von Latex darf man nicht die Bestimmung des tatsächlichen Kohlenwasserstoffgehaltes vermuten, die ja nur durch äußerst komplizierte organisch-chemische Methoden möglich wäre, sondern es ist vielmehr darunter die Feststellung des durch Koagulation gewonnenen Kautschuks zu verstehen, analog der Kautschukgewinnung im Großen auf den Plantagen. Man könnte daher vielleicht zweckmäßiger diese Bestimmung als Bestimmung des Crêpe- oder Rohkautschukgehaltes bezeichnen. Es sind diesbezüglich schon eine große Anzahl von Vorschlägen gemacht worden, die aber zumeist die Verwendung kleinerer Crêpewalzen und außerdem eine nachherige Trocknung des ausgewalzten Koagels über mehrere Stunden erfordern. Eine rasche, hinreichend genaue Methode ist die folgende: Man wägt mit einer verkürzten Pipette, je nach Konzentration des Latex, 8 bis 20 g in eine Petrischale von etwa 15 cm Durchmesser ein, rührt dann den Latex, sofern es sich um ein höheres Konzentrat handelt, mit 5 bis 12 ccm Wasser gut durch. Hierauf werden aus einer Bürette oder einer Tropflasche etwa 10 bis 20 ccm einer 10volumprozentigen Essigsäure spiralig eingetropt und die Schale dann ungefähr 10 Minuten auf einer Heizplatte oder sonst geeigneten Vorrichtung warm gestellt. Dann wird einige Male gründlich mit Wasser nachgespült, das Koagel der Schale entnommen und auf einer Glasplatte mit einem dicken Glasstab gründlich ausgepreßt. Hierauf wird das Koagel in einer Porzellanschale mit warmem destilliertem Wasser so lange gewaschen, bis blaues Lakmuspapier vom Wasser nicht mehr gerötet wird. Die Probe wird bei etwa 70° C getrocknet und dann gewogen. Bei dieser Methode ist lediglich zu beachten, daß je nach der Art des zu untersuchenden Latex durch einige kleine Vorversuche festgestellt werden sollte, bei welcher Säurekonzentration und -menge ein klares Serum abgepreßt wird, um zu verhindern, daß Kautschuk noch mit dem Serum abläuft und die Bestimmung hierdurch ungenau wird. Man kann die Genauigkeit noch dadurch etwas erhöhen, daß man dem Latex verschiedenste, in neutralem Wasser schwer lösliche Stoffe, wie z. B. gewisse Harze, in vorbestimmten Mengen zusetzt, vornehmlich zu dem Zweck, ein fester zusammenhaltendes, gleichmäßiges Koagel zu erzielen.

3. Bestimmung des Alkalis im Latex

Die Bestimmung des Alkalis im Latex bezieht sich vornehmlich auf die Erfassung des zur Konservierung angewandten Ammoniaks bzw. der anderen zu dem gleichen Zweck zugesetzten nicht verflüchtigbaren Alkalien. Die einfachste und rascheste Methode hierfür ist zweifellos die Titration gegen eine eingestellte Säure. Die Auswahl eines hierfür wirklich geeigneten Indikators bereitet jedoch gewisse Schwierigkeiten. Am

besten hat sich die Verwendung einer 1proz. alkoholischen Bromthymolblaulösung bewährt, die einen Umschlag von Reinblau in Gelbgrün ergibt. Der Farbenumschlag ist leider bei diesem sonst für Latex idealen Indikator nicht so markant wie beispielsweise bei dem ebenfalls noch recht gut verwendbaren Phenolphthalein, läßt sich aber bei einiger Übung einwandfrei festlegen. Vor allem ist darauf zu achten, daß bei Verwendung von Bromthymolblau die blaue Farbe des Indikators völlig austitriert sein muß.

4. Stabilitätsbestimmung

Vielfach erscheint es erwünscht, die Stabilität des anzuwendenden Latex zu bestimmen, um so einen Anhaltspunkt über die Möglichkeiten der Herstellung von Mischungen mit mehr oder minder hohem Füllstoffgehalt zu erhalten. Außerdem ist aber der Stabilitätswert eines Latex auch ein gewisses Kriterium für seine einwandfreie Beschaffenheit, da Latices, die bereits einer gewissen Zersetzung anheimgefallen sind, in ihrer Stabilität zumeist einen erheblichen Abfall anzeigen.

Zur Bestimmung der Stabilität sind verschiedene Vorschläge gemacht worden, die im Prinzip aber alle darauf hinauslaufen, eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Latex in ein Gefäß festgelegten Volumens zu verbringen und nun hier mit Hilfe eines Rührers von bekannter Tourenzahl einer raschen gründlichen Durchrührung zu unterziehen. Entweder man bestimmt die Zeit vom Beginn des Rührens bis zur erfolgten Koagulation des Gefäßinhaltes, oder aber man kann auch die Umdrehungszahl des Rührers mechanisch bestimmen, die bis zu dem Moment erfolgt ist, in dem der Rührer infolge eintretender Koagulation stillsteht. Da bei den besonders stabilisierten Latices eine derartige Methode oft mehrere Stunden zur Bestimmung der Stabilität benötigt, sind Vorschläge gemacht worden, die Stabilität des zu untersuchenden Latex durch Einmischung einer bestimmten Menge eines bestimmten Füllstoffes von vornherein zu reduzieren. In Anbetracht der stark instabilisierenden Wirkung scheint sich Aktivruß hierfür besonders zu eignen. Diese Methode weist aber insofern Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten auf, da festgestellt werden konnte, daß sich der Ruß trotz sorgfältigster Lagerung mit der Zeit verändert. Auf Gewichtskonstanz vorgetrocknete Kreide bestimmter Provenienz dürfte sich hierfür verhältnismäßig am besten eignen.

5. Koagelbestimmung

Mitunter erscheint es zweckmäßig, auch die Anwesenheit kleiner Agglomerate oder Koagel im Latex zu bestimmen, insbesondere wenn es sich bei der vorzunehmenden Verarbeitung um Methoden handelt, bei denen maximale Dispersion der Kautschukphase Grundbedingung ist. Außerdem gibt diese Bestimmung auch eine gewisse Handhabe für die Beurteilung des Zustandes der Ware, da mit fortschreitender Zersetzung des Latex mit zunehmender Ausbildung größerer Teilchenklumpen zu rechnen ist. Diese Probe wird am besten so ausgeführt, daß man eine gewogene Menge des zu untersuchenden Latex auf ein bestimmtes Volumen mit destilliertem Wasser verdünnt und die Lösung dann durch ein

normiertes Sieb filtriert. Glas und Sieb werden gut nachgewaschen und getrocknet. Der verbleibende Rückstand wird gewogen und ergibt dann den Koagelgehalt des untersuchten Produktes in einer beliebig wählbaren Einheit. Erfahrungsgemäß hat sich die Festlegung in Promille am besten bewährt.¹¹

Die Bestimmung der Oberflächenspannung von Latices ist insbesondere dann von Interesse, wenn es sich um die Verwendung für Imprägnierzwecke handelt. Außerdem gestattet auch diese Methode, sofern sie sachgemäß und sehr genau durchgeführt wird (die Unterschiedlichkeiten sind verhältnismäßig sehr gering), einen Rückschluß auf den jeweiligen Zustand der eingelieferten Probe. Da wir es bei Latex mit einer polydispersen Verteilung von Kautschukpartikeln zu tun haben, empfiehlt es sich nicht, die Oberflächenspannung nach der Methode der Tropfenzahl (Stalagmometer) zu ermitteln, da sowohl die Reibung in den Kapillaren der Instrumente zu ungenauen Ergebnissen führen würde, ebenso wie die einwandfreie Reinigung dieser Kapillaren schon nach einmaligem Durchfluß praktisch unmöglich ist. Zur Bestimmung der Oberflächenspannung von Latex hat sich daher die Anwendung der Lamellen- oder Bügelmethode mit Hilfe einer Torsionswaage bewährt.¹²

Aus Gründen der Vollständigkeit sei noch die Möglichkeit der Viskositätsbestimmung erwähnt. Aus den soeben erwähnten Gründen schalten auch hier alle die Methoden aus, bei denen die Viskosität auf Grund von Durchflußzeiten durch enge Kapillaren bestimmt wird. Am geeignetsten läßt sich die Viskosität des zu untersuchenden Latex oder einer zu untersuchenden Latexmischung mittels der Kugelfallmethode ermitteln. Am meisten haben sich hier die Apparaturen bewährt, bei denen der Fall der Kugel elektromagnetisch ausgelöst wird, und das Auftreffen auf der Grundplatte elektrisch registriert werden kann.

Die Bestimmung der im Latex vorhandenen anorganischen Bestandteile erfolgt nach vorhergehender restloser Trocknung der Festsubstanz, Entfernung der organischen Substanzen durch bekannte Aufschlußmethoden auf üblichem anorganisch-analytischem Wege. — Die Bestimmung der organischen Bestandteile sowie des Stickstoffes, wird völlig analog den im Abschnitt »Chemische Prüfung«, Seite 5), bereits eingehend erörterten Methoden vorgenommen.

Technische Prüfung

Die technische Prüfung hier einer eingehenden Besprechung zu unterziehen, erübrigt sich, da sie sich ja immer nur auf den aus dem Latex, sei es durch Verdampfung, Koagulation usw. gewonnenen Rohkautschuk, Kautschukmischungen oder Vulkanisate beziehen kann, über die ja bereits in dem Abschnitt »Technische Kautschukprüfung«, Seite 101 alles

¹¹ Die Verdünnung gestattet auch gewisse Rückschlüsse auf die Stabilität, da die spontane Verdünnung mit abnehmender Stabilität zu steigender Agglomerationsstendenz führt.

¹² Kautschuk 3 (1927) S. 332

Wissenswertes gesagt wurde. Es sei nur darauf hingewiesen, daß man vielfach zur Bestimmung der wichtigsten mechanischen Daten bei der Verarbeitung von Latex nicht in der Lage ist, Klappen von der Dicke herzustellen, wie sie für die übliche standardisierte Reißprüfung des Kautschuks vorgesehen sind. Es hat sich hier als zweckmäßig erwiesen, den zu untersuchenden Latex auf Glasplatten oder auf Gelatine u. dgl. auszuspritzen oder auch auszugießen. Nach vorsichtiger Abtrocknung zum Film und sich daran anschließender Vulkanisation werden dann aus diesen Filmen hantelförmige Probestücke ausgestanzt und auf einer entsprechenden Apparatur geprüft. Bei der Errechnung der Resultate ist die relativ geringe Dicke des Probestückes zu berücksichtigen, ebenso wie man bei einem etwaigen Vergleich mit Werten, die man aus Schopperringen gewonnen hat, eine entsprechende Korrektur anbringen muß.^{13, 14}

Verarbeitungsmethoden

Wenn auch die Entwicklung der direkten Latexverarbeitung, wie bereits eingangs ausgeführt, in den letzten Jahren ständig an Bedeutung zugenommen hat und immer neue Anwendungsgebiete erschlossen wurden und noch werden, so kann man heute doch bei dieser verhältnismäßig jungen Entwicklung noch bei weitem nicht von einer derartig standardisierten Verarbeitungsmaschinen-Gestaltung sprechen, wie dies bei der Verarbeitung von Rohkautschuk nach den üblichen Methoden seit Jahrzehnten der Fall ist. Wir befinden uns heute auf diesem Gebiet vielmehr in dem Stadium, in dem sich die Gummi-Industrie vor nunmehr nahezu 100 Jahren befunden haben mag, nämlich in einer Zeit, in der jeder, der sich für die Verarbeitung von Latex interessiert, das maschinelle Problem selbst in die Hand nimmt, um auf Grund seiner Erfahrungen und des von ihm vorgesehenen Verarbeitungszweckes die ihm jeweils am geeignetsten erscheinenden apparativen Maßnahmen zu konstruieren und in Betrieb zu nehmen. Aus diesem Grunde und zwecks Erhöhung der Übersichtlichkeit werden wir daher in diesem Fall von der vergleichbaren Einteilung dieses Abschnittes mit dem restlichen Handbuch abweichen und bei den einzelnen Unterabschnitten auch die apparativen Maßnahmen mit besprechen, die sich, soweit heute feststellbar, für den jeweiligen Zweck besonders bewährt haben.

Mischwesen

Schon die Besprechung dieses für die gesamte Industrie so wesentlichen Abschnittes wird mit besonderer Deutlichkeit die großen Unterschiede zeigen, die die Verarbeitung von Rohkautschuk nach den bisher üblichen Methoden und die von Latex mit sich bringen. Dies ist ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, daß wir es im ersteren Falle

¹³ loc. cit., siehe z. B. Hand. d. Kautschukw. S. 592 ff.

¹⁴ Gummikalender 1931 S. 327, Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin

mit einem festen, durch entsprechende mechanisch-physikalische Behandlung plastisch gemachten Rohmaterial zu tun haben, dem erst in diesem Zustand die jeweils erwünschten Zusätze gemacht werden können, während wir es im zweiten Fall mit einer flüssigen Masse zu tun haben, bei der die Einverleibung der Zusätze natürlich nach ganz anderen Verarbeitungsmethoden erfolgen muß. Bevor auf die Frage der Zweckmäßigkeit des Zusatzes der einen oder anderen Substanz überhaupt eingegangen werden soll, erscheint es erforderlich, die in der Mischtechnik von Latex prinzipiell bestehenden Unterschiede zu erörtern, deren Anwendung je nach Zweckmäßigkeit empfehlenswert ist.

Wir müssen zwischen den Verfahren unterscheiden, bei denen die als zweckmäßig und geeignet erkannten Zusatzmaterialien vorerst unter Verwendung von Wasser zu einer Paste angerührt werden und erst diese Füllstoffpaste dem Latex zugeführt wird¹⁵, und den Verfahren, bei denen die Füllstoffe in ihrem natürlichen Zustand, sei es also als trockene Pulver oder als Flüssigkeiten, direkt eingemischt werden. Schließlich gibt es auch noch solche Verfahren, bei denen die Füllstoffe in Pastenform zugesetzt werden können, die erhaltene Mischung aber dann zwecks Erzielung der jeweils gewünschten Konzentration in geeigneten Apparaturen einer neuerlichen Verdampfung unterzogen wird.¹⁶ Die Frage, welche der oben erwähnten Methoden zur Anwendung gelangen soll, richtet sich vornehmlich nach der Frage der Endkonzentration der Mischung, wie sie für den jeweils vorgesehenen Zweck am besten angebracht erscheint bzw. dem Vorhandensein geeigneter Apparaturen (siehe weiter unten).

Auswahl der Füllstoffe

Bei der direkten Verarbeitung von Latex ist es im weit höheren Maße als bei der Verarbeitung von Rohkautschuk erforderlich, die Einwirkung, die die einzelnen Füllstoffe auf den Latex haben können, im Auge zu behalten, will man nicht unangenehmen Überraschungen zum Opfer fallen. So schalten von vornherein sämtliche Substanzen als Zusatzstoffe zu Latex aus, die eine möglichst einheitliche Verteilung im Latex auf Grund ihrer Teilchengröße ausschließen, oder die, sofern sie nicht als feste Substanzen pulverisierbar erscheinen, wie beispielsweise Wachse u. dgl., in ihrem natürlichen Zustand überhaupt nicht verteilbar sind. Man kann also bereits die Grundregel aufstellen, daß als Zusatzstoffe für Latexmischungen überhaupt nur solche in Frage kommen, die entweder in feiner Pulverform vorliegen oder die in Form feinsten Suspensionen oder Emulsionen darstellbar sind, von echten oder kolloidalen mit Wasser mischbaren Flüssigkeiten selbstverständlich abgesehen. Eine weitere Beschränkung liegt darin, daß Latex gegen Substanzen mit saurer Reaktion außerordentlich empfindlich ist, des weiteren aber gewisse Substanzen, insbesondere Metallsalze, die leicht dissoziieren, nur mit Vorbehalt anwendbar sind, da Latex bekanntlich durch entgegengesetzt geladene

¹⁵ Siehe z. B. Carrington, J. H., T.I.R.I. 6 (1931) S. 438

¹⁶ Siehe z. B. Warren, F. W., T.I.R.I. 6 (1931) S. 431

Ionen mehr oder minder stark instabilisiert wird (die Ladung der Latexteilchen ist von Natur aus bekanntlich anodisch, d. h. negativ). Aber auch Substanzen, die ausgesprochen stark Wasser ad- oder absorbierende Eigenschaften aufweisen, wie beispielsweise aktiver Gasruß, eignen sich nicht ohne weiteres als Füllstoffe, da sie durch lokalen Wasserzug leicht eine Verdickung und Koagulation der betreffenden Mischung herbeiführen können. Schließlich muß man auch je nach der Konzentration der Mischung auf das spezifische Gewicht der anzuwendenden Füllstoffe Rücksicht nehmen, um ein allzu starkes Absinken schwerer Füllstoffkomponenten zu vermeiden (siehe weiter unten), ebenso wie die Verarbeitung von Füllstoffen, die von Wasser — um nicht direkt Latex zu sagen — schlecht benetzbar sind, als ungeeignet bezeichnet werden muß.

Betrachtet man diese kurze Zusammenfassung der das Mischwesen des Latex betreffenden Grundregeln, so tritt vor allem ein wesentlicher Punkt hervor, und zwar der Dispersitätsgrad des anzuwendenden Füllstoffes. Vorausgesetzt natürlich, daß der Füllstoff der Einverleibung keinerlei chemische oder physikalische Schwierigkeiten entgegengesetzt, erscheint es zweckmäßig, den Verteilungsgrad so gut als möglich zu steigern. Während eine große Anzahl von Füllstoffen heute schon, sei es von Natur aus oder durch eine Nachbehandlung, in hinreichenden Feinheitsgraden erhältlich ist (als Beispiel seien hier die besten Tonsorten, Chinaclay, die feinsten Zinkoxyde, Schlämme usw. genannt), so gibt es eine nicht minder große Zahl von Füllstoffen, deren Feinheitsgrad wohl für die übliche Kautschukverarbeitung genügt, die aber bei einer Verarbeitung in Latex eine weitere Verfeinerung wünschenswert machen. (Man darf nicht übersehen, daß bei der Einverleibung von Füllstoffen in Rohkautschuk auf den Mischwalzen eine weitere Aufteilung vor sich geht, die noch dadurch begünstigt wird, daß der sie einbettende plastische Kautschuk als eines der hervorragendsten Schutzkolloide oder Dispergatoren bezeichnet werden muß.) Aus diesem Grunde hat sich bei vielen vornehmlich sich mit der Verarbeitung von Latex befassenden Unternehmungen eingebürgert, die zur Verarbeitung gelangenden Füllstoffe vorerst durch mehrstündige Behandlung in Kugelmöhlen oder geeigneten Desintegratoren auf den denkbar größten Feinheitsgrad zu bringen. So umständlich eine derartige Vorbereitung auf den ersten Blick auch sein mag, so sehr hat sie sich bewährt und ihre Früchte in der Qualität der Endprodukte getragen. Bedenkt man die geringen, durch den Betrieb der Kugelmühle verursachten Kosten und die große Durchsatzmöglichkeit, so erscheint dieser Vorgang unbedingt empfehlenswert, wenn man auf höchste Qualität der Fertigware Wert legt.

Ein Punkt, der bei der Auswahl der für Latex geeigneten Füllstoffe nicht unerwähnt bleiben darf, ist die noch viel zu wenig berücksichtigte Tatsache, daß ein aus einer Latexmischung gewonnener Film in bezug auf seine Struktur mit einem aus einer gezogenen Rohkautschukplatte gewonnenen nicht vergleichbar ist. Während nämlich bei einer Rohkautschukplatte der durch die Mastikation plastizierte Kautschuk die kontinuierliche Phase darstellt, in der die zugesetzten Füllstoffe mehr oder

minder gleichmäßig verteilt sind, haben wir es beim Latexfilm mit einem heterogenen System zu tun, da die einzelnen Latexpartikel im besten Falle nur teilweise zerstört worden sind. Dies bedingt, daß der Latexfilm von sich aus gewisse Erscheinungen zeigt, die dem Rohkautschuk erst durch Zusatz bestimmter Substanzen verliehen werden können. Im besonderen gilt dies für den sogenannten Einreißeffekt (tearing effect), der bekanntlich bei Rohkautschuk durch Zusatz von aktivem Gasruß hervorgerufen werden kann, während schon ein ungefüllter Latexfilm durch die Mikrostruktur der einzelnen Latexteilchen einen ähnlichen Widerstand gegen Einreißen (Kerzbähigkeit) bedingt. Da nun die einzelnen Füllstoffteilchen sich im Latexfilm zwischen und um die Latexteilchen gruppieren, kann man durch übermäßige Beladung der Mischung hier viel eher eine Herabminderung der mechanischen Eigenschaften verursachen als dies beim Rohkautschuk der Fall ist.

Von den üblichen Füllstoffen eignen sich für die Verarbeitung im Latex ohne weiteres gewöhnliche Kreide, Kaolin, Schwerspat, Lithopone, Zinkoxyd (sofern nicht allzu große Mengen zur Anwendung gelangen), Titanoxyd, die verschiedenen Tonsorten, Farbpigmente, sofern sie nicht chemisch eine schädigende Wirkung ausüben und, sofern sie alkali-beständig sind, inaktive Ruße, gut emulgierbare Öle und sonstige chemisch indifferente Lösungen. — Substanzen, wie Magnesiumoxyd, Calciumoxyd, Calciumsulfat, Zemente und sonstige Mörtelbildner, aktiver Gasruß usw. sind, wenn überhaupt, nur nach entsprechender Vorbehandlung oder entsprechender Stabilisierung oder Schützung des Latex in mehr oder minder hohem Prozentsatz einmischbar. Von sonstigen üblichen Zusatzstoffen können Faktis, Regenerat (siehe weiter unten) nur in Form geeigneter Dispersionen Anwendung finden. Von Harzen und sonst üblichen Erweichern kommen naturgemäß nur solche in Frage, die in Form von Suspensionen oder Emulsionen zusetzbar sind. Dasselbe gilt für bituminöse Stoffe und Asphalte. Von den in der Kautschukindustrie heute üblichen Beschleunigern sind vor allem nur die verwendbar, die in alkalischen Medien nicht spontaner Zersetzung anheimfallen und die in einem Zustand vorliegen, der eine einheitliche Verteilung zuläßt. Ungeeignet sind daher die Beschleuniger, die in harziger oder schwer mischbarer öli-ger Beschaffenheit auf den Markt kommen, wohingegen sich für viele Zwecke die leider sehr spärlich vertretenen wasserlöslichen Beschleuniger ganz hervorragend bewähren. Für das Gebiet der Antioxydantien gilt folgerichtig dasselbe.

Zu den Mischmaterialien für Latex gehören aber noch zwei Gruppen von Substanzen, die in der üblichen Kautschukindustrie verhältnismäßig wenig Anwendung finden. Es handelt sich hier um die gerade in der letzten Zeit von den führenden chemischen Fabriken in zunehmendem Maße herausgebrachten und auch für andere Industrien angewandten Emulgatoren oder Dispergatoren sowie die als ausgesprochene Stabilisatoren wirkenden Substanzen.

Im folgenden wird an Hand einiger Beispiele die Zusammensetzung von Mischungen erläutert, die nach den modernsten Kenntnissen aufgebaut

sind. Die führenden, sich mit der Herstellung von Chemikalien für die Kautschukindustrie befassenden Unternehmungen der chemischen Industrie, haben dieser neuen Entwicklung bereits durch Herausgabe eigener Broschüren Rechnung getragen.¹⁷

Mittelstark gefüllte Mischung für Streichzwecke

- 130,0 Revertex (75proz.),
- 100,0—150,0 Kreide,
- 3,0 Zinkoxyd Spezial (I. G.) oder Cadox (New Jersey Zinc Corp.),
- 2,0 Kolloidschwefel,
- 0,4 Vulkazit P,
- 0,4 Vulkazit 774,
- 2,0 Igepon,
- 20,0 Ramasit 1,
- 60,0 Wasser,
- 3,0 Saprotin, 30proz. (Kautschuk-Gesellschaft, Frankfurt a. M.).

Vulkanisation in Heißluft: 10 bis 15 Minuten bei 110° C.

Aus dieser Mischung ist ersichtlich, daß zweckmäßig zur Erhöhung der Vulkanisationsgeschwindigkeit nicht nur eine Beschleunigerkombination angewandt wird, sondern daß man auch mit Vorteil ein ausgesprochen aktives Zinkoxyd oder, wie es vielfach auch genannt wird, kolloides Zinkoxyd verwendet. Als die Benetzung erhöhenden Zusatz finden wir hier die Anwendung von Igepon und als Zusatz, der sowohl die Wasserdichtigkeit des getrockneten Gewebes erhöht, als auch als Schutz der Gummierung gegen die Einwirkung von ultravioletten Strahlen aufgefaßt werden kann, die unter dem Namen »Ramasit« bekannte Paraffinemulsion. Als Stabilisator findet das unter dem Namen »Saprotin« bekannte Produkt Anwendung.

Eine Mischung, wie sie sich beispielsweise für die Herstellung von Treibriemen bewährt hat, ist die folgende:

- 165,0 60proz. Latexkonzentrat (Jatex),
- 2,0 Kolloider Schwefel,
- 0,5 Vulkazit 774,
- 0,5 Vulkazit C. T.,
- 3,0 Tamol NNO (30proz.),
- 2,0 Zinkoxyd aktiv,
- 2,0 Igepon AP,
- 10—20,0 Wasser,
- 1,0 Phenylbetanaphthylamin.

Vulkanisation in der Presse: 20 Minuten bei 110° C.

Diese Mischung weist eine weitere sehr aktive Beschleunigerkombination auf. Als Stabilisator wird in dieser Mischung eine Lösung von

¹⁷ »Kautschuk-Chemikalien für Latexverarbeitung« der Imp. Chem. Ind. Ltd., London; »Chemicals for Latex Compounding«, E. I. du Pont de Nemours and Co. Inc., USA.; »Versuche mit Latexmischungen«, I. G. Farbenindustrie A.-G., Frankfurt a. M.; »Latexbeschleuniger«, Soc. Anon. des Colorantes St. Denis, Paris u. a. m.

Tamol NNO mit besonderem Vorteil angewandt. Ferner finden wir hier die Anwendung eines Alterungsschutzmittels. In Fällen, bei denen mit besonders hellen Mischungen zu rechnen ist und die auch bei Bestrahlung ihre Farbe beibehalten sollen, empfiehlt es sich, an Stelle des Phenylbetanaphthylamins beispielsweise das Alterungsschutzmittel MB oder Nonox zu wählen.

Eine andere Streichmasse setzt sich wie folgt zusammen:

- 130,0 Revertex (75proz.),
- 100,0 Kaolin,
- 5,0 Zinkoxyd,
- 7,0 dispergiertes Vulcatac S,
- 1,0 Vulcafor-Z.D.C.-Paste,
- 2,0 Kolloider Schwefel,
- 1,5 Vulcastab N.

Im vorliegenden Falle wirkt Vulcatac S als ein für Latexmischungen hervorragend geeigneter Erweicher, Vulcafor-Z.D.C.-Paste stellt einen Ultrabeschleuniger in gleichmäßigster feinsten Wasserverteilung dar, der sich ebenfalls sehr gut einmischen läßt. Bei der im obigen Text aufgeführten Dosierung tritt nach erfolgter Trocknung völlige Ausvulkanisation nach einigen Tagen bei Zimmertemperatur ein. Bei Heißluftvulkanisation benötigt man 20 Minuten bei 105° C. Vulcastab N wirkt in dieser Mischung als besonders geeigneter Latexstabilisator.

Eine für eine hochwertige wasserfeste Kaschierung geeignete Mischung ist z. B.:

- 100,0 Kautschuk (in Form von 40proz. Latex),
- 2,5 Schwefel,
- 2,0 Zinkoxyd aktiv,
- 1,0 Beschleuniger (St. Denis) Lat. 2,
- 2,0 Triäthanolamin.

Vulkanisation 10 bis 20 Minuten bei 110° C.

Das Triäthanolamin verdickt den Latex zu einer sämigen, gut streichbaren Masse.

Eine Mischung, die für Gegenstände verwendet werden soll, die neben höherer Füllung auch starke dauernde Belichtung aushalten müssen, könnte sich ungefähr wie folgt zusammensetzen:

- 130,0 Revertex oder 160,0 eines 60proz. Latex, z. B. Autex,
- 200,0 Kreide,
- 1,70 Dupont-Beschleuniger 552,
- 2,0 Dupont Kolloide Zinkoxydpaste,
- 2,0 Dupont Kolloider Schwefel,
- 1,0 Dupont-Aquarex,
- 5,0 Dupont-Rubber-Red-CD-Paste,
- 2,0 Dupont dispergiertes Heliozone.

Vulkanisation: 90 Minuten bei 80° C, oder 12 Minuten bei 100° C in heißer Luft. Bei Anwendung einer Temperatur von 120° C soll die Vulkanisation bereits nach 2 Minuten beendet sein.

Aquarex stellt einen wasserlöslichen Stabilisator und ein Benetzungsmittel von hoher Aktivität dar. Es empfiehlt sich, sofern ein Anteil der Füllstoffe vorgesehen ist, die Hälfte der zuzusetzenden Aquarexmenge dem Anteilwasser zuzufügen, die andere Hälfte dem Latex. Das dispergierte Heliozone ist ein außerordentlich wirksames Schutzmittel gegen die Einwirkung ultravioletten Lichtes und verhindert in hohem Maße die Ausbildung der sogenannten Sonnenrisse (Ozoneinwirkung) an der Oberfläche von Kautschukwaren. Es diffundiert während der Vulkanisation an die Oberfläche, wo es sich in einer selbst dem Mikroskop unsichtbaren praktisch monomolekularen Schicht ablagert. Die Verarbeitung ist einfach und erfordert keinerlei besondere Vorsichtsmaßregeln.

Wenn Mischungen für längere Zeit gelagert werden sollen, empfiehlt es sich, dieselben mit einem Desinfizien zu versetzen, um insbesondere in der heißen Jahreszeit oder bei Lagerung in warmen Räumen eine frühzeitige Zersetzung zu verhindern. Zu diesem Zweck haben sich eine Anzahl bekannter Desinfizienten bewährt, von denen z. B. Preventol, Raschit, Karvasept, sowie das »Dupont-Latex-Desinfektant Nr. 745« genannt sein sollen. Bei dem letztgenannten ist bezüglich der Verwendung insofern Vorsicht am Platze, als es organische Quecksilberverbindungen enthält. Es ist daher bei solchen Gummiwaren nicht zu verwenden, die für Spielzeuge in Frage oder mit Lebensmittel in Berührung kommen. Auch für hygienische Gummiwaren und chirurgische Produkte ist seine Verwendung nicht am Platze. — Auch der von Dupont herausgebrachte Beschleunigeraktivator »Barak« sei hier trotz seines umstrittenen Wertes erwähnt, da er sich bei der Herstellung möglichst schwefelarmer oder transparenter Latexmischungen sehr bewährt hat.¹⁸

Vornahme der eigentlichen Mischung

Was nun den Vorgang der Mischung selbst anbelangt, so haben wir es, wie bereits erwähnt, mit zwei sich prinzipiell unterscheidenden Methoden zu tun. Wir wollen den ersten, heute wohl gebräuchlichsten Weg vorwegnehmen, da er sich nur allgemein bekannter Apparaturen bedient. Zu dem entsprechend stabilisierten Latex werden — sofern wir es nicht mit einem besonders stabilisierten Latexhochkonzentrat von vornherein zu tun haben — die vorher zu einer glatten Paste angerührten oder vermahlenden Füllstoffe zugesetzt.

Die Anteigung der Pasten kann je nach Größe der Charge von Hand aus oder in jedem hierfür geeigneten Rührwerk vorgenommen werden. Es empfiehlt sich, diese Pasten auch noch in Farbreibmühlen zu homogenisieren (siehe auch weiter unten), bevor sie dem Latex beigemischt werden. Zur Erhöhung der Dispersität der Füllstoffe ist es zweckmäßig, wie aus den Mischrezepten ersichtlich, eine Substanz anzuwenden, die sowohl benetzende als auch dispergierende Eigenschaften aufweist. Nachdem die Füllstoffpaste mit dem Latex von Hand aus vermischt worden

¹⁸ Hauser, E. A., und Wolf, H., Kautschuk 7 (1931) S. 186; Huhn, W., Kautschuk 7 (1931) S. 215

ist, wird das Gemisch in einer geeigneten Mischmaschine gründlich durchgearbeitet. Als Mischmaschinen haben sich vornehmlich solche bewährt, die gleichzeitig mit der Mischarbeit eine leicht reibende und verteilende Wirkung bedingen, wohingegen Apparaturen nicht geeignet sind, bei denen die Lagerung der Rührflügel mit der Masse in Berührung kommt. In diesem Fall tritt nämlich allzu leicht durch übermäßige Reibung eine lokale Koagulation und Festfahren der Lager auf, was bald zu einem Stillstand der Maschine führt. Für die Vornahme laufend größerer Mischchargen haben sich im Großbetrieb Apparaturen, die nach dem System des Eirich-Schnellmischers arbeiten, ganz besonders gut bewährt (Abb. 1011). Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß man bei der

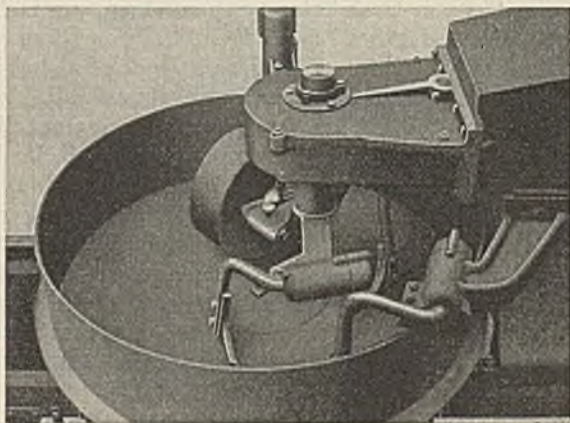


Abb. 1011. *Gegenstrom-Schnellmischer, Stern mit 1 Koller und 2 Mischschaufeln*
(G. Eirich, Hardheim)

Auswahl des Materials, aus dem die Mischanlage gebaut wird, vorsichtig sein muß, wenn man verhindern will, daß die mehr oder minder hohe Alkalität des Mischgutes allzu rasch zu Korrosionen der Apparaturen führt. Mischanlagen aus Silumin haben sich beispielsweise im Großbetrieb ganz hervorragend bewährt.

Wohl kann man durch sehr langes Durcharbeiten in derartigen Apparaturen einen hohen Grad von Homogenität erzielen. Ein derartiges Vorgehen ist aber nicht nur zeitraubend, sondern erhöht die Gefahr lokaler Koagulation, sofern man nicht mit einem ausgesprochenen hoch stabilisierten Latex arbeitet. Es empfiehlt sich daher, die Mischzeit in dem großen Rührwerk abzukürzen und die so hergestellte Mischung zwecks endgültiger Verfeinerung durch eine geeignete Farbreibmühle, Dreiwälzenstuhl o. dgl. laufen zu lassen. Besonders haben sich für diesen Zweck sogenannte Trichtermühlen mit flachen Porzellanmahlscheiben bewährt, wie sie z. B. von der Firma Schiefferdecker, Worms (Abb. 1012) und der Firma Follows & Bates in England herausgebracht werden.

Bei der Herstellung kleinerer Versuchsmischungen u. dgl. genügt es vollkommen, die von Hand angeteigten Füllstoffe mit dem Latex zu vermischen, und dieses Gemisch durch eine kleine Trichtermühle zu treiben, an deren Ausfluß zweckmäßig ein kleines Organtin-Säckchen angebracht wird, um etwa anfallende Koagelchen zurückzubalten.

Die sachgemäße Herstellung einer Mischung und die Anwendung wirklich geeigneter Füllstoffe läßt sich leicht daran erkennen, daß eine gute Mischung selbst bei verhältnismäßig starker Verdünnung auf lange Zeit hin nicht sedimentieren darf und mit einem Spachtel auf ebener Unterlage ausgestrichen, einen völlig glatten Strich ergeben muß. Dies ist vor allem wichtig, wenn es sich um Betriebe handelt, die mit verschiedenen Mischungen arbeiten, so daß ein Mischungsansatz nicht in kurzer Zeit aufgebraucht wird, oder wenn es sich um Mischungen handelt, die vor ihrer Verarbeitung zweckmäßig eine gewisse Zeit sich selbst überlassen bleiben sollen. Handelt es sich aber um Verfahren, bei denen die Mischung durch enge Düsen u. dgl. gepreßt wird, so ist eine einwandfreie Verteilung unerläßliche Grundbedingung.

Geht man den zweiten Weg und setzt zwecks Vermeidung allzu starker Verdünnung des Latex die Füllstoffe in Pulver-

form zu, so ist es unbedingt erforderlich, daß die Füllstoffe vollkommen trocken sind, um ein Zusammenballen derselben weitgehend auszuschalten. Außerdem ist dringend zu raten, in diesem Fall für das Vorhandensein hinreichender Mengen starker Benetzungsmittel zu sorgen, um von dem Moment des Einsiebens an eine möglichst gute Füllstoffverteilung zu sichern. Daß derartige Mischungen nachher ebenfalls noch durch die oben erwähnten Maßnahmen einer Verfeinerung bedürfen, ist selbstverständlich.

Der dritte in Vorschlag gebrachte Weg eignet sich wohl nur für größere Unternehmungen, bei denen laufend mit größeren Mischungs-

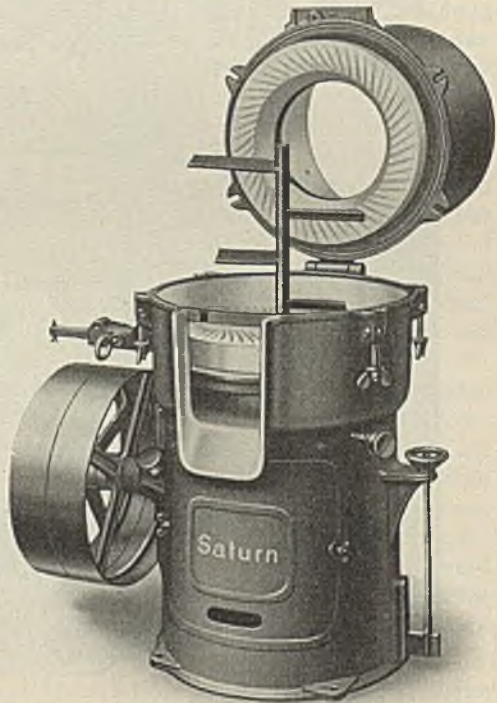


Abb. 1012. Farbmühle »Saturn«
(Otto Schifferdecker, Worms)

ansätzen gerechnet werden muß, da er das Vorhandensein eines für diesen Zweck besonders geeigneten Eindampf-Apparates erfordert. Nach diesem Verfahren werden die angeteigten Füllstoffe dem Latex zugesetzt, wodurch eine mitunter nicht unerhebliche Verdünnung der Gesamtmischung erfolgt. Diese verdünnten Mischungen werden nun in geeigneten Apparaturen in dauernder schaukelnder Bewegung gehalten ¹⁹ und wäh-

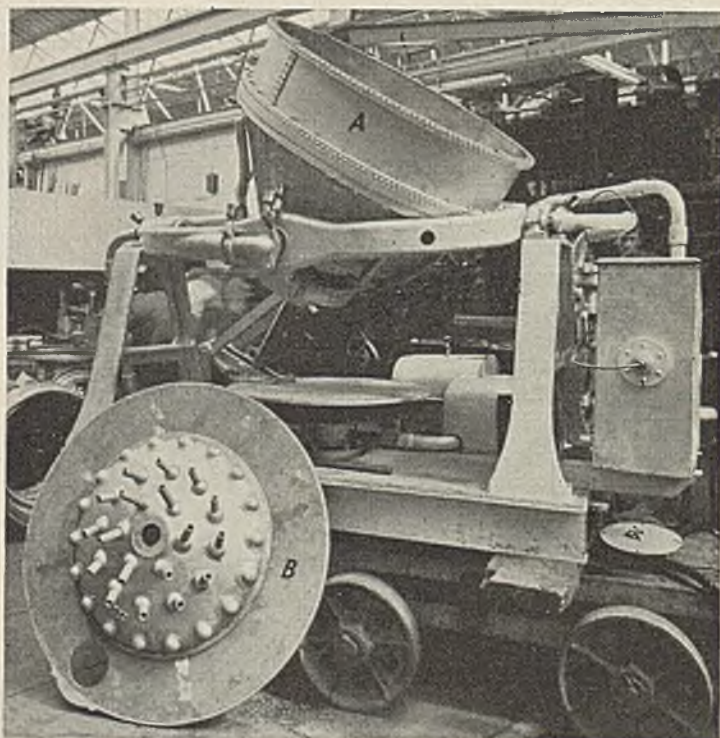


Abb. 1013. Latexkonzentrationsmaschine nach Dr. Twiss

A Konzentrationsgefäß

B Deckel mit Heißluftzuführungen

rend dieser Zeit einer allmählichen Verdampfung unterworfen (Abb. 1013). Die aus rostfreiem Stahl bestehenden Verdampferschalen weisen einen Heißwassermantel auf. Außerdem wird heiße Luft über die sich ständig verändernde Oberfläche des Latex geblasen. Sobald die Konzentration den gewünschten Grad erreicht hat, wird die Heißluft abgestellt und die Latexmischung durch zirkulierendes kaltes Wasser abgekühlt, solange sie noch in Bewegung gehalten wird. Auf diese Art und Weise wird die Ausbildung einer oberflächlichen Haut weitgehend verhindert.

¹⁹ Twiss, D. F., T.I.R.I. 6 (1931) S. 419; E. P. 307 315 (1927)

Faktis, Regenerat und Altgummi

Wir haben bereits bei der Besprechung der für Latex an sich überhaupt geeigneten Füllstoffe darauf hingewiesen, daß Substanzen, die nicht durch mechanische Zerkleinerung feinst aufgeteilt werden können, nur dann für die Verarbeitung in Latex brauchbar sind, wenn man sie mittels anderer Methoden in hohe Verteilungsgrade überführen kann. Dies gilt im besonderen für die Verarbeitung von Faktis, Regenerat und Altgummi, da ja bekanntlich diese Massen auf rein mechanischem Wege keine Zerkleinerung zulassen, die annähernd der Größenordnung gleichkommt, die für eine einwandfreie Verarbeitung im Latex Grundbedingung ist. Hier ist es aber gelungen, durch physikalisch-mechanische Methoden eine Dispergierung dieser auch für die Verarbeitung mit Latex mitunter wichtigen Substanzen zu erzielen. Die Herstellung von dispergiertem Faktis, Regenerat oder Altgummi ist im Prinzip ziemlich gleichbleibend. Das Material wird auf üblichen Mischwalzen zu möglichst plastischen Fellen ausgewalzt und ihm in diesem Zustand, je nach dem angewandten Verfahren, entweder Seife in fester Form oder fein verteilte Tonsorten u. dgl. zugesetzt. Die Menge des Zusatzes richtet sich hierbei weitgehend nach den Eigenschaften des zur Verarbeitung gelangenden Materials, soll aber immer so niedrig wie möglich gehalten werden, um das Vorhandensein der mitunter für das Endprodukt nicht erwünschten Fremdstoffe auf ein Minimum zu beschränken. Sobald die zugesetzten Materialien einheitlich in der plastischen Masse verteilt sind, setzt man einige Tropfen Wasser zu und wartet bis dieses restlos eingearbeitet ist. Dieser Vorgang wird mit ständig steigenden Wassermengen wiederholt, bis plötzlich ein Phasenaustausch wahrnehmbar wird. Während nämlich bis dahin noch immer das Regenerat oder der Faktis die zusammenhängende Phase darstellte, setzt plötzlich die Ausbildung einer Paste ein, in der die frühere Festsubstanz als dispergierte Phase vorliegt. Von diesem Moment an kann man ohne weitere besondere Vorsichtsmaßregeln die zuzusetzenden Wassermengen erhöhen und die erzielte Paste hierdurch auf die jeweils erwünschte Konzentration bringen.²⁰

Derartig hergestellte Faktis-, Regenerat- oder Altgummidispersionen haben sich in der Praxis überall dort bewährt, wo man auch bei der normalen Verarbeitung von Gummi diese Substanzen für den einen oder anderen Zweck mit Vorteil anwendet. Lediglich der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß die Herstellung einer Rohgummidispersion ganz ähnlich vorgenommen wird. Dieselbe als Latexfüllstoff zu verwenden, dürfte aber wohl kaum in Frage kommen, da heute die seinerzeit außerordentlich große Preisspanne zwischen Rohkautschuk und Latex zwar noch nicht annähernd den Punkt erreicht hat, den der fortschrittliche und sich für die direkte Latexverarbeitung interessierende Gummifabrikant gerne sehen würde, immerhin ist sie bereits so verkleinert, daß die Einmischung von Rohgummidispersionen kaum mehr interessant sein

²⁰ Siehe bezüglich der Theorie dieses Vorganges den Abschnitt »Kautschuk in Reibungselementen«, Seite 1361

dürfte. Hingegen finden reine Rohgummidispersionen für verschiedene Zwecke zunehmend Verwendung, und zwar überall dort, wo man auf die besonders hohe Bindekraft eines gut mastizierten Kautschuks Wert legt.²¹

Bereifung

In das Spezialgebiet der Fabrikation von Bereifungsmaterial hat die direkte Verarbeitung von Latex von sämtlichen Zweiggebieten der eigentlichen Gummi-Industrie wohl noch den geringsten Eingang gefunden. Die Ursache hierfür ist wohl vornehmlich darin zu erblicken, daß gerade der in der Bereifungsindustrie heute, dank der durch seine Einverleibung dem Kautschuk verliehenen Eigenschaften, am meisten für Laufflächenmischungen angewandte Füllstoff — der Aktiv-Gasruß — der Einmischung in Latex große Schwierigkeiten entgegengesetzt. Abgesehen von dieser, wie bereits erwähnt, auf der hohen Wasser aufsaugenden Fähigkeit beruhenden Schwierigkeit, bedingt der Gasruß im Latex eher Eigenschaften, die im Gegensatz zu denen stehen, die er bei der Verarbeitung in Rohkautschuk hervorbringt. Die Ursache hierfür ist, wie bereits besprochen, in den strukturellen Unterschieden zwischen einer mastizierten Rohgummimischung einerseits und einer Latexmischung andererseits zu suchen.²² Mit dieser Feststellung fällt aber die mengenmäßig interessanteste Verwendung des Latex auf dem Gebiete des Reifenbaues fort. Hiermit soll keineswegs gesagt werden, daß unsere fortschreitende Erkenntnis auf dem Gebiete der Latexverarbeitung nicht doch noch eines Tages den Weg weisen wird, wie man auch mit Vorteil die Lauffläche und Seitenwände eines Reifens unter Verwendung von Latex herstellen können. Es dürfte aber heute auf Grund der Ergebnisse der Forschung schon ziemlich sicher festliegen, daß dieser Weg nicht mit der weiteren Verarbeitung von Gasruß, zumindest in den heute üblichen Mengen, vereinbar ist.

Latex findet aber dennoch auf dem Gebiete des Reifenbaues eine nicht uninteressante Verwertung, wenn auch zugegeben werden muß, daß sich diese heute praktisch nur auf einen Reifenkonzern bezieht und die Frage, ob durch die Verwendung von Latex gegenüber den sonst üblichen Methoden der Verarbeitung des Reifenaufbaugewebes Vorteile erzielt werden, sehr umstritten ist. Wir verdanken dem nur allzu früh verstorbenen Pionier der direkten Latexverarbeitung *Ernest Hopkins* die Einführung von Latex zum Zwecke der Herstellung schußfreier Cordgewebe für den Reifenaufbau.²³ Die einzelnen von Spulen ablaufenden Cordfäden werden durch Kämme gleichgerichtet, laufen dann unter gleicher Spannung parallel zueinander durch ein Latexbad und von diesem dauernd parallel zueinander geführt, über eine Anzahl von Heitztrommeln, auf denen das überschüssige Wasser zur Verdampfung gebracht wird

²¹ Siehe den Abschnitt »Schleifmassen unter Verwendung von Kautschuk als Bindemittel«

²² Siehe Seite 1441

²³ Siehe den Abschnitt »Gummibereifung«

(Abb. 1014). Der verbleibende Kautschukfilm überzieht die einzelnen Fäden und sorgt gleichzeitig dafür, daß dieselben untereinander durch eine dünne Gummihaut zu einer zusammenhängenden Stoffbahn verbunden werden (Abb. 1015).

Seit der Einführung der Latexhochkonzentrate, deren pastöser Charakter eine dem üblichen Streichvorgang ähnliche Verarbeitung zuläßt,

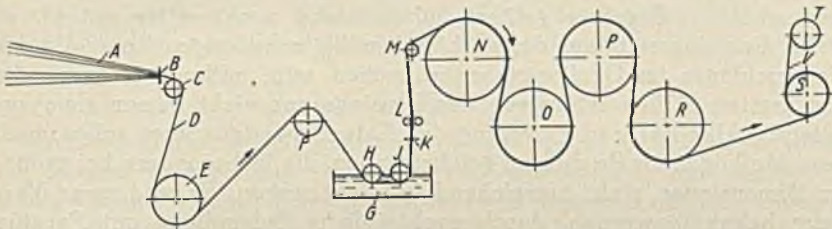


Abb. 1014. Herstellung schußfreier Gewebe

- | | |
|-----------------------------|--------------------|
| A Einzelne Cordfäden | L Abquetschwalzen |
| CEFHJM Führungswalzen | NOPR Heitztrommeln |
| G Latexbad | S Aufwickelwalze |
| D Cordbahn | T Mitläuferwalze |
| BK Sammel- u. Ordnungskämme | V Mitläufer |



Abb. 1015. Schema eines latexgetränkten Cordstoffes

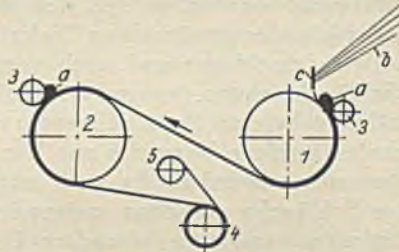


Abb. 1016. Schema einer Oliermaschine zum doppelseitigen Streichen

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1, 2 Heitztrommeln | a Latexmischung |
| 3 Anpreßwalzen | b Einzelfäden |
| 4 Aufspulwalze | c Sammelkamm |
| 5 Mitläufer | |

sind auch zahlreiche Versuche bekanntgeworden, an Stelle eines Latexbades, beispielsweise unter Anwendung der bekannten Oliermaschinen, schußfreie Gewebe durch ein- oder doppelseitiges Streichen zu erhalten (Abb. 1016).

Auch für die Imprägnierung, besser gesagt Bedeckung, des sogenannten Breaker-Gewebes (Zwischenlage) wird Latex von einigen Fabriken angewandt.

Eine weitere im großen Maßstabe ausgeübte Verwendung von Latex im Reifenbau besteht im Tränken der Drahtwülste in Latex, um ihnen eine gummierte, klebrige Oberfläche zu verleihen, wodurch eine festhaftende Verbindung mit den sie umgebenden Kautschukschichten gewährleistet wird und um die Gefahr des Ablörens der Wulstdrähte im Gebrauch zu verringern.

Auch auf dem Gebiete der Luftschlauchherstellung hat es an Versuchen mit Latex nicht gefehlt. Die Herstellung von Luftschläuchen aus Latex mit Umgehung der üblichen Rohgummiverarbeitungsmethoden ist auf verschiedene Art und Weise versucht worden. So sind vor einigen Jahren Luftschläuche auf den Markt gekommen, die durch elektrische Niederschlagung²⁴ des Kautschuks aus dem Latex auf geeignete Metallseelen hergestellt wurden. Wenn diese Verarbeitungsmethoden nicht zu dem erhofften Ergebnis geführt haben (siehe auch weiter unten), so dürfte dies einerseits auf der verhältnismäßig schwierigen Kontrolle des Niederschlages im Großbetriebe zu suchen sein, mitbedingt durch die beim besten Willen schon von der Plantage aus nicht immer gleichzuhaltende Alkalität und Pufferung des Latex; zweitens aber sollen auch diese Methoden zu Produkten geführt haben, die insbesondere bei größeren Dimensionen nicht hinreichend luftdicht waren. Es sind zwar Versuche bekanntgeworden, durch nachträgliche Behandlung mit Paraffin u. dgl., dieses Übelstandes Herr zu werden, doch scheint ihnen kein voller Erfolg beschieden gewesen zu sein.

Auch andere Verfahren, die den letztgenannten Übelstand nicht aufweisen, beruhten auf der Anwendung poröser Seelen, die in ein Latexbad getaucht wurden, so daß sich an ihrer Oberfläche bald eine Kautschukschicht der gewünschten Dicke abschied. Nach erfolgter Trocknung dieses Niederschlages und nach vorgenommener Vulkanisation wurden die Schläuche abgezogen und wie üblich weiter behandelt. — Auch durch Rotation geheizter Metallröhren in Latexbädern sind von einigen Fabrikanten größere Versuche zur Herstellung von Schläuchen aus Latex vorgenommen worden. Es muß zugegeben werden, daß die Qualität dieser Schläuche geradezu erstaunlich war und daß ihre mechanischen Festigkeiten sowie insbesondere ihre Kerzbähigkeit alles bisher Bekannte bei weitem übertraf. Leider hat die praktische Erprobung auf einen schwerwiegenden Nachteil hingewiesen. Es stellte sich nämlich heraus, daß gerade diese so bestechenden Eigenschaften nach verhältnismäßig kurzem Gebrauch restlos verschwanden und ein Schlauch resultierte, der in bezug auf seine mechanische Festigkeit keineswegs besser, mitunter sogar erheblich schlechter war, als die nach der alten Methode erzeugten. Über die Ursache dieser Erscheinung ist viel diskutiert worden, ohne daß bis heute wohl eine restlose Klärung erzielt worden ist. Man kann aber auf Grund der diesbezüglichen Untersuchungen mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Ursache dieser Qualitätsänderung in einer Art Mastikationseffekt zu suchen ist, der sich durch die dauernde Walkarbeit während des Betriebes im Schlauch einstellt. Da der Schlauch im vulkanisierten Zustand vorlag, so scheint hier die beim Latex zweifellos nur an der Teilchenoberfläche durchgreifende Vulkanisation nicht ausgereicht zu haben, eine nachträgliche Teilchenzerstörung zu verhindern und die nicht ausvulkanisierte Innenmasse der Teilchen austreten zu lassen.

²⁴ Siehe z. B. »Latex«, Seite 149.

Es ist vielleicht verständlich, daß bei der heute so stark entwickelten Autoreifenindustrie mit den weitestgehend standardisierten Verarbeitungsmethoden der Wunsch nach der Ausarbeitung von Methoden zur direkten Latexverarbeitung nicht so stark ist, wie bei vielen anderen Zweigen der Gummi-Industrie, denn sonst wären diese Versuche zweifellos viel energischer fortgesetzt worden, als dies heute der Fall ist. Aber auch hier dürfte die fortschreitende Erkenntnis und insbesondere die Erfahrungen allerjüngster Zeit bald das ihrige dazu beitragen, um auch dieses Problem erneut und dieses Mal mit größerem Erfolg aufzugreifen.

Technische Gummiwaren

Auch das Gebiet der »technischen Gummiwaren« ist bis heute, soweit die direkte Verarbeitung von Latex in Frage kommt, noch verhältnismäßig stiefmütterlich behandelt worden, und man muß objektiv zugeben, daß in dieser Richtung erst die allerersten Schritte wahrnehmbar sind. Wenn auch diejenigen, die der direkten Verarbeitung von Latex seit jeher pessimistisch gegenüberstanden, gerade mit dieser Feststellung immer wieder den Nachweis zu erbringen suchen, daß die direkte Verarbeitung von Latex mehr als begrenzt ist, so liegt die Ursache für diese verhältnismäßig noch geringe Verwendung auf dem vorliegenden Gebiet vielmehr darin, daß man selbstverständlich bei der Einführung eines neuen Rohproduktes und der Ausarbeitung gänzlich neuartiger Verarbeitungsmethoden erst die einfacheren und dem Erprobten möglichst ähnlichen Verarbeitungsmethoden und -gebiete anpacken wird, bevor man ernstlich an die Einführung des neuen Produktes in Gebiete herantritt, die von vornherein eine gänzliche Umstellung der Verarbeitungsmethoden erfordern.

Wenn dennoch, wie erwähnt, gerade in letzter Zeit mit zunehmendem Erfolg Latex auch in das Gebiet der »Technischen Gummiwaren« Eingang gefunden hat, so spricht dies doch dafür, daß wir mit zunehmender Erfahrung auch in die Lage versetzt werden, die schwierigsten Probleme in die Hand zu bekommen. In letzter Zeit sind eine Anzahl von Verfahren bekanntgeworden, die es ermöglichen, Latex beispielsweise so zu sensibilisieren, daß er nach praktisch vorbestimmbarer Zeit, sei es in der Kälte oder bei Erwärmung, zu einer kompakten Masse erstarrt²⁵ und somit nach erfolgter Trocknung und Vulkanisation massive Gummiwaren hervorragender Qualität ergibt. Diese Möglichkeiten, deren jetzt eine ganze Anzahl bekannt sind, haben mit einem Schläge die Schwierigkeiten beseitigt, die der Herstellung verhältnismäßig dickwandiger und mehr oder minder kompliziert geformter massiver oder auch hohler Gummikörper entgegenstanden. So konnte beispielsweise festgestellt werden, daß Latex durch verschiedene Zusätze, wie z. B. Verbindungen zwei- oder dreiwertiger Metalle, allein oder in Verbindung mit Ammonsalzen, Alkalisalzen der Kieselfluorwasserstoffsäure u. dgl., derartig sensibili-

²⁵ James, R. C., T.I.R.I. 9 (1933) S. 42. Diese Arbeit enthält eine sehr gute Zusammenstellung der verschiedensten Koagulations- und Erstarrungsmethoden von Latex und ihre industrielle Verwertbarkeit.

siert werden kann, daß er in vorbestimmbarer Zeit, entweder in der Kälte oder bei bestimmter höherer Temperatur, sich zunehmend verfestigt oder spontan durch die gesamte Masse erstarrt. Beispiele derartiger Mischungen sind die folgenden:

- | | |
|--|--|
| <p>1. 2000 Ammoniaklatex (33proz.)
 20 Schwefel in 40 Wasser
 20 Zinkoxyd in 20 Wasser
 4 Vulkazit-Thiuram in 20 Wasser
 30 Ammoniumsulfat in 120 Wasser</p> | <p>2. 2000 Latex (60proz.) z. B. Helmtex
 30 Zinkoxyd in Wasser
 40 Ammonsulfat in 160 Wasser
 40 Schwefel in 50 Wasser
 5,0 Vulkazit P in 20 Wasser
 Verfestigung bei 70 bis 80° C.</p> |
|--|--|

Verfestigt sich allmählich bei einer Temperatur von 90° C.

- | | |
|---|--|
| <p>3. 1300 Latex (75proz.) (Revertex)
 150 Zinkkarbonat
 20 Schwefel
 10 Vulkafor Z. D. C.
 415 Wasser
 230 Ammonnitratlösung (30proz.)</p> | <p>4. 1600 Latex, z.B. Jatex (60proz.), (Alkaligehalt 0,05% NH₃)
 25 Schwefel
 50 Zinkoxyd
 10,0 Vulkafor Z. D. C.
 20,0 Natriumsilicofluorid
 Verfestigung in der Kälte.</p> |
|---|--|

Die Erstarrung erfolgt spontan bei Erhitzung auf 80 bis 90° C.

5. 1300 Latex (75proz.) (Revertex)
 300 Lithopone mit 300 Wasser angeteigt
 30 Schwefel
 10 Vulkazit P extra
 50 Magnesiumoxyd mit 250 2/N-Natriumtriphosphatlösung angeteigt
 225 Ammonchloridlösung (10proz.)

Die Mischung erstarrt bei normaler Temperatur in 10 Minuten.

Mit Hilfe derartiger Latexkompositionen und durch Auswahl der für eine derartige Verarbeitung geeigneten Formen ist es daher, wie jedem einleuchten wird, möglich, die verschiedensten technischen Gummiwaren direkt aus Latex unter Umgehung der bisher erforderlichen Mastikation, Preßvulkanisation u. dgl. herzustellen. Es lassen sich auf diese Art und Weise die verschiedensten Gegenstände, wie Dichtungsplatten, Sohlenplatten, Absätze, Schnüre, Ringe (Mannlochringe, Wasserstandsringe), Fensterdichtungsringe, Muffen und Manschetten, Türpuffer u. dgl., herstellen.

Die Erstarrung erfolgt zumeist so, daß das in der Lösung vorhandene Wasser in seiner Gänze in dem anfänglich mikroporösen Koagel eingeschlossen ist. Bei der Trocknung verdampft es allmählich unter proportionaler Schrumpfung des Koagels. Diese Tatsache muß bei der Dimensionierung der Gußformen berücksichtigt werden, wenn Artikel vorgeschriebener Größe hergestellt werden sollen. Das Ausmaß der Schrumpfung hängt von der Konzentration der Mischung ab.

Bei dieser Fabrikation kommt uns noch ein ganz wesentlicher Unterschied der Latexmischung gegenüber der Rohgummimischung zunutze. Bekanntlich wird bei der Rohgummimischung die ihr zu gebende Endgestaltung erst während der Vulkanisation erreicht, da während dieser der Kautschuk ein Stadium weitgehender Erweichung (Fließen) durchläuft, in dem er sich der Gestaltung der jeweiligen Preßformen getreu anpaßt. Mit fortschreitender Vulkanisation tritt dann die bekannte irreversible Verfestigung ein. Latexmischungen weisen hingegen bei der Vulkanisation so gut wie gar keine Erweichung auf, so daß sie die bei der

Erstarrung erhaltene Form nach erfolgter Trocknung — wenn man von der naturgemäßen, aber proportional verlaufenden Schrumpfung, die je nach dem vorhandenen Wassergehalt mehr oder minder stark ausgeprägt ist — absieht, unverändert auch während der hier zweckmäßig in Heißluft vor sich gehenden Vulkanisation beibehalten.²⁶ Dies bedeutet aber, daß in der Mehr-

zahl der Fälle die Vulkanisation der direkt aus Latex gewonnenen technischen Gummiwaren ohne kostspielige schwere Preßformen in Heißluft allein vorgenommen werden kann. Sogar Bälle, Tennisringe u. dgl. völlig geschlossene Hohlkörper können bei vorsichtiger Trocknung ohne Preßform zur Ausvulkanisation gebracht werden. Die Anwendung der Preßheizung ist somit auch in diesen Fällen nur als Beschleunigung zu werten.

Aber auch auf anderen zu den technischen Gummiwaren zu zählenden Gebieten beginnt sich die direkte Verarbeitung von Latex zunehmend bemerkbar zu machen, und dies gilt im besonderen für die Herstellung von einfachen gespritzten Schläuchen. Hier ist es ebenfalls durch Anwendung verschiedener Koagulationsmethoden gelungen, Schläuche mit nahezu beliebiger Wandstärke herzustellen. Die Erzielung dieser Schläuche erfolgt entweder dergestalt, daß geeignete Latexmischungen durch entsprechend geformte Düsen in ein mit geeigneter Koagulationsflüssigkeit beschicktes Bad ausgestoßen werden oder indem man gegen Temperaturerhöhung stark sensibilisierte Latexmischungen durch geeignete heizbare Spritzköpfe als kompakte Schläuche ausstößt (Abb. 1017). Die Schläuche werden dann zweckmäßig durch fließendes Wasser bestimmter Strömungsgeschwindigkeit von der Düse fortlaufend abgenommen, hierdurch gleichzeitig gewässert, um die zur Erstarrung erforderlichen Zusätze zu entfernen und dann auf Dorne entsprechenden Durchmessers aufgezogen, getrocknet und vulkanisiert. Man kann auch

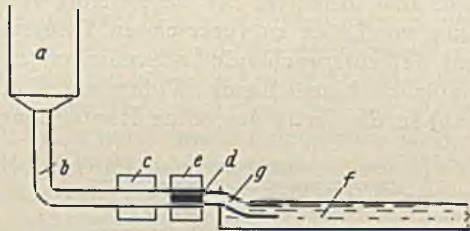


Abb. 1017. Schlauchherstellung mit hitzeempfindlichem Latex

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| a Vorratsbehälter | e Heizung |
| b Zuleitung | f Wasserbad |
| c Wasserkühlung | g entstehender Schlauch |
| d Düsenkopf mit Dorn | |

²⁶ Siehe Hauser, E. A., et al. »Colloid Symposium Monographs« (1928) S. 207

die Entwässerung dadurch beschleunigen, daß man den verfestigten Schlauch in eine konzentrierte Elektrolytlösung ausstößt, die das im Koagel eingeschlossene Wasser gierig aufnimmt. Die Herstellung von Schläuchen mit Gewebereinlagen bietet jedoch noch in gewissem Sinne Schwierigkeiten, obwohl bei Abfassung dieser Zeilen bereits vielversprechende, diesbezügliche Fortschritte zu verzeichnen sind.

Ein weiteres Gebiet ist die Herstellung von Gewebeschläuchen für Feuerwehrrzwecke oder für Benzinschläuche von Tankstellen u. dgl. Auch hier sind in letzter Zeit sehr Erfolg versprechende Ansätze zur Verwertung von Latex zu verzeichnen. Prinzipiell beruhen diese Verfahren darauf, daß entsprechende Latexmischungen (bei Benzinschläuchen müssen sie natürlich hinreichende Widerstandsfähigkeit gegenüber Benzin aufweisen) in die fertig gewebten Hanfschläuche eingegossen werden und nun

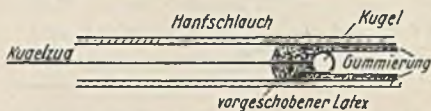


Abb. 1018. Innengummierung von Hanfschläuchen

mittels einer an einem Draht oder Faden befestigten Kugel, deren Durchmesser um die erwünschte Wandstärke des Kautschukbezuges kleiner ist als der des Schlauches, gleichmäßig an der Wandung verteilt werden

(Abb. 1018). Da fast alle Gewebe durch Appreturen oder auch im nicht appretierten Zustand in mehr oder minder hohem Maße Wasser abstoßende Eigenschaften aufweisen, empfiehlt es sich, das Gewebe vor der Behandlung mit Latex entsprechend zu präparieren, um es für diese wäßrige Kautschukdispersion leichter benetzbar zu machen. Hierdurch wird ein tieferes Eindringen des Kautschuks in das Gewebe gewährleistet, wodurch wieder eine bessere Verankerung des Gummis und demgemäß eine erhöhte Haftung gesichert wird. Diese Vorbehandlung kann an sich auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Eingehende Studien über den Imprägnierungsgrad von Geweben mit Latex haben zu der Erkenntnis geführt, daß die Tränkung mit gewissen Benetzungsmitteln zu einer geradezu erstaunlichen Erhöhung der Benetzungsfähigkeit und Eindringungstiefe des Latexkautschuks führt.²⁷ Wenn man nicht auf eine maximale Imprägnierung Wert legt, genügt es in vielen Fällen, das Benetzungsmittel dem Latex selbst zuzusetzen. Als Beispiel einer derartigen Mischung sei folgende aufgeführt:

- 165 Latex (60proz.), z. B. Gumlatex,
- 5 Zinkoxyd (kolloidal)
- 3 Schwefel (kolloidal)
- 0,5 Vulkazit 774
- 0,5 Vulkazit P
- 2,0 Sulphonated Lorol
- 10,0 Wasser (zum Anteigen der Füllstoffe)

²⁷ Hauser, E. A., und Hünemörder, M., »Mitteilungen aus dem Arbeitsbereich der Metallgesellschaft A.-G., Frankfurt a. M.«, 5 (November 1930) S. 13; Hauser, E. A. und Hünemörder, M., T.I.R.I. 8 (1932) S. 316

Gummi im Eisenbahn- und Automobilbau

Da die im Eisenbahn- und Automobilbau mit Ausnahme der Reifen zur Anwendung kommenden Gummiwaren teils dem engeren Gebiet der Streichwaren (Verdeckstoffe u. dgl.), teils als preßgeformte Gegenstände (Puffer, Stoßdämpfer, Gummiauflagen, Auflagen für Laufbretter, Fenster-scheibendichtungen usw.) in das Gebiet der technischen Gummiwaren gehören, so dürfte sich eine Wiederholung des bereits Besprochenen oder noch zu Besprechenden an dieser Stelle erübrigen. Dennoch sei hier auf einige Anwendungsgebiete des Latex hingewiesen, die gerade für diese Verarbeitung des Gummis von besonderem Interesse sind. In dem Kapitel über »Gummi im Automobilbau« ist mehrfach auf die zunehmende Bedeutung hingewiesen worden, die der modernen schwingungsfreien Aufhängung der Motoren sowie der zusätzlichen Abfederung der Feder-systeme durch Gummi zukommt. Es ist auch darauf hingewiesen worden, daß die feste Verbindung von Gummi mit den ihn umgebenden Metallteilen durch Vulkanisation zunehmende Bedeutung gewinnt. In diesem Zusammenhang ist daher zu bemerken, daß zur Erzielung derartiger Verschweißungen von Gummi mit Metall durch Vulkanisation außer den bekannten Verfahren auch Latexmischungen mit besonderem Vorteil zur Anwendung gelangen. (Von den bekannteren Verfahren sei hier das sogenannte Vulcalokverfahren genannt, bei dem das Metall mit dem Gummi durch die Klebwirkung von in organischen Lösungsmitteln gelösten Kautschukderivaten (Einwirkungsprodukte von Schwefelsäure u. dgl.) fest verbunden wird. Dieses Verfahren ist zwar einfach und erfordert verhältnismäßig geringe fachmännische Erfahrung, hat aber den schwerwiegenden Nachteil, daß diese Verbindungen gegenüber hohen Temperaturen nicht hinreichend widerstandsfähig sind, so daß ihre Anwendung überall dort, wo mit höheren Temperaturen zu rechnen ist, sich nicht empfiehlt. — Die älteste und wohl gebräuchlichste Methode beruht auf der Feststellung, daß Kautschuk durch Vulkanisation auf Kupfer oder kupferhaltigen Legierungen eine besonders gute Haftung aufweist.²⁸ Es werden daher die mit Gummi zu verbindenden Metallteile vorher verkupfert oder vorzugsweise vermessingt. Auch diesem Verfahren haftet der Nachteil an, daß sich nicht jedes Metall hierfür eignet (z. B. Leichtmetall) und daß eine zusätzliche Materialbehandlung erforderlich wird).

Eine unter Verwendung von Latex hergestellte Haftmasse beruht nun auf einem Gemisch von Latex und einem gehärteten, wasserunlöslichen Proteid, z. B. Haemoglobin²⁹, dem soviel Schwefel zugesetzt wird, daß bei der Vulkanisation ein Gummi von lederartiger Konsistenz resultiert. Eine derartige Mischung ist ungefähr wie folgt:

100 Latex (50proz.)	1 Vulkazit CT
100 Haemoglobinlösung (40proz.)	5 Zinkoxyd
10 Schwefel	

²⁸ E. P. 390 932/32 bezüglich einer zusammenfassenden Darstellung der Verschweißung von Gummi mit Metall siehe auch L. Ernaux, Rev. gén. Caout. (Dezember 1933) S. 5.

²⁹ E. P. 309 168/1930

Wird nun auf ein mit dieser Masse vorgestrichenes und kurz vorgeheiztes Metall eine mastizierte Weich- oder Hartgummiplatte aufgelegt und in geeigneten Formen vulkanisiert, so erhält man eine Bindung von erstaunlicher Haftfestigkeit, die weder durch erhöhte Temperaturen, noch durch äußere Einflüsse beeinträchtigt wird.

Wie bereits in dem Abschnitt »Automobilbau«, Seite 643, kurz erwähnt, haben sich bestimmte Latexmischungen auch als Spachtelmasse für den Karosseriebau sowie als schalldämpfender, streichbarer Überzug für die Metallteile besonders geeignet, die durch Steinschlag o. dgl. leicht beschädigt werden können oder zu unangenehmem Dröhnen Anlaß geben. Ein Beispiel einer derartigen Masse ist ungefähr wie folgt:³⁰

208	Revertex
2	Saprotin (30proz.)
6,4	Schwefel
3,2	Zinkoxyd
1,6	Vulkazit 576 extra
8,0	Mikroasbest
8,0	Thermax
118,4	Schmelzzement

Diese Mischung hat den Vorteil, daß sie durch den ihr einverleibten Schmelzzementgehalt schon kurz nach dem erfolgten Aufstrich von selbst erstarrt, so daß eine zusätzliche Trocknung gar nicht erforderlich ist. Da man ihr auch ohne weiteres starke Beschleuniger zusetzen kann, tritt selbst schon bei normaler Temperatur nach wenigen Tagen hinreichende Vulkanisation ein, um die Masse gegen die Einwirkung von Feuchtigkeit, Ölen u. dgl., wie sie beim Betrieb von Kraftfahrzeugen vorkommen, genügend widerstandsfähig zu machen. Da diese Masse außerdem eine hervorragende Haftung am Metall aufweist, dürfte gerade in dieser Richtung noch mit einem erheblichen Ausbau der Anwendungsmöglichkeiten derartiger Massen zu rechnen sein.

Radiergummi

Die Verarbeitung von Latex zur Herstellung von Radiergummi ist noch so gut wie unbekannt, da nur ganz wenige sich mit diesem Problem ernstlicher befaßt haben. Die Grundbedingung für die Herstellung von Radiergummi aus Latex ist das Vorliegen eines außerordentlich gut stabilisierten Rohmaterials, da die Herstellung überhaupt nur dann, sowohl vom kommerziellen als auch technischen Standpunkt aus interessant ist, wenn Mischungen mit ausgesprochen hohem Füllstoffgehalt Anwendung finden können. Als Füllstoffe kommen hier praktisch alle diejenigen in Frage, die auch sonst bei der Herstellung von Radiergummi aus Rohkautschuk vornehmlich in Betracht kommen, wie beispielsweise mineralische Öle, Faktis (selbstverständlich hier in dispergierter Form), Marmor- und Glaspulver, pulverisierter Bimsstein usw. (siehe den Abschnitt »Radiergummi« Seite 669).

³⁰ E. P. 369 561/1932

Die Herstellung von Radiergummi aus Latex, die ebenfalls zum Patent angemeldet ist, kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Es werden aus Latexhochkonzentraten durch möglichst trockene Einmischung der Füllstoffe dicke Pasten hergestellt, die nach erfolgter Trocknung in Pressen zu den gewünschten Formstücken vulkanisiert werden, oder man wendet auch hier Latices an, die durch geeignete Zusätze temperaturempfindlich gemacht oder labilisiert worden sind, so daß die Erstarrung der Mischung zu einer kompakten Masse durch einfache Temperaturerhöhung oder nach bestimmter Zeit erfolgt. Das in diesem Fall in der Masse verbleibende Wasser kann entweder durch vorsichtiges Trocknen oder durch Auspressen entfernt werden. Im ersteren Falle erhält man einen lockeren spezifisch leichten, schwach porösen Gummi, im anderen Falle eine dichtere Masse. Die Vulkanisation kann je nach Wunsch nach erfolgter Trocknung in Heißluft oder auch in Preßformen vorgenommen werden.

Die aus Latex hergestellten Radiergummi zeichnen sich vom Standpunkt des Fabrikanten durch außerordentlich einfache Erzeugung und ausgesprochen billigen Einstandspreis aus; vom Standpunkt des Konsumenten sind sie infolge ihrer hervorragenden Qualität zweifellos sehr interessant. Der Latex-Radiergummi unterscheidet sich vom normalen Produkt ebenfalls durch die andere Struktur des hier als Bindemittel wirkenden Kautschuks. Während die nach dem normalen Verfahren hergestellten Radiergummi auf Grund der durch die Mastikation veränderten Struktur des Kautschuks verhältnismäßig leicht zum Schmieren neigen, finden wir dies beim Latex-Radiergummi nur äußerst selten, da hier beim Radieren der nicht entnervte Gummi in ganz anderer Weise abgerieben wird. Auch historisch erscheint die Verarbeitung von Latex zu Radiergummi viel logischer als die üblichen Methoden, da bekanntlich der englische Ausdruck für Kautschuk »India Rubber«, auf einer Beobachtung des bekannten englischen Chemikers Priestley beruhen soll, der um 1770 herum feststellte, daß Rohkautschuk, der durch Verdampfung oder durch Gerinnung von Latex erhalten und getrocknet wurde, imstande ist, auf Papier gemachte Bleistiftstriche durch Reiben zu entfernen.

Da man die Radiergummimischungen ohne weiteres in gießbarer Konsistenz herstellen kann, ist die Herstellung verschiedenster Figuren u. dgl. durch Verwendung billiger Blechformen leicht möglich. Die teuren sonst hierfür benötigten Stanzen erübrigen sich, ebenso wie der Stanzabfall ausgeschaltet ist.

Streichwaren

Über die Herstellung von Streichwaren oder gummierten Stoffen ist bereits in einem vorhergehenden Absatz (siehe Seite 689) berichtet worden. Es verbleibt somit lediglich die Besprechung der Frage, inwieweit Latex für die Herstellung der in das Gebiet gummierter Stoffe gehörenden Waren Eingang gefunden hat bzw. welche Methoden hier mit Vorteil zur Anwendung gebracht werden können.

Über die direkte Verarbeitung von Latex zum Zwecke der Herstellung

gummierter Stoffe ist neben dem später zu behandelnden Gebiete der Tauchwaren oder nahtlosen Gummiwaren vielleicht am meisten geschrieben worden. Dies erscheint verständlich, zumal ja auch bei der üblichen Verarbeitungsmethode von Kautschuk zu obigem Zwecke derselbe in Form von Lösungen in organischen Lösungsmitteln Anwendung findet, so daß eine gewisse Analogie der Verarbeitungsmethoden von vornherein gegeben erscheint. Bei objektiver Beurteilung der Sachlage muß man aber zugeben, daß diese an sich begreifliche Annahme doch etwas zu optimistisch gefärbt war, was insofern verzeihlich erscheint, als man zu Zeiten der Einführung von Latex über die Eigenschaften dieses Materials in bezug auf seine Verarbeitungsmöglichkeiten noch verhältnismäßig wenig Bescheid wußte. Bei genauerer Betrachtung und auf Grund der heute vorliegenden Erfahrungen und Erkenntnisse lassen sich aber zwischen der Verarbeitungsmöglichkeit organischer Kautschuklösungen und den wäßrigen Kautschukdispersionen wesentliche Unterschiede feststellen, die sich dann auch deutlich im Endprodukt zu erkennen geben,

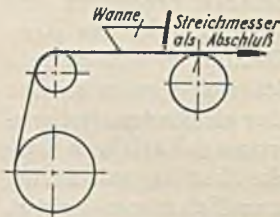


Abb. 1019. Streichwanne

sofern man nicht ebenfalls, dank der fortschrittlichen Entwicklung, in der Lage ist, diese Unterschiede, die vornehmlich das Äußere des fertigen Produktes betreffen, in mehr oder minder großem Maße auszuschalten. Vor allem ist bei der Verarbeitung von Latex zu bedenken, daß die Konsistenz der Masse in vielen Fällen mit der der angewandten Kautschuk-Benzinlösungen bzw. des angewandten Benzinteiges nicht vergleichbar ist, so daß man schon aus diesem Grunde gegenüber der üblichen Einrichtung der Streichmaschinen gewisse Abänderungen treffen muß, wenn man einwandfreie Produkte erzielen will.

Bei Verarbeitung von Latexmischungen, deren Konzentration an Festsubstanz nicht besonders hoch liegt, würde man nämlich bei Anwendung

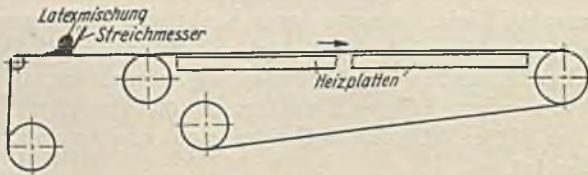


Abb. 1020. Streichmaschine

der normalen Streichapparaturen Gefahr laufen, daß selbst die dicht geschlagenen Stoffe »durchschlagen« und die Streichmasse abläuft. Dem letzteren Übelstand kann dadurch abgeholfen werden, daß man (Abb. 1019) das Streichmesser gewissermaßen mit einer wannenartigen Vorrichtung kombiniert, um so die Streichflüssigkeit in einem auch seitlich begrenzten Gefäß zu halten. Die Gefahr des Durchschlagens wird aber auf diese Art und Weise nicht verringert. Dies zu beseitigen, ist somit eine der wesent-

lichsten Aufgaben bei der Verarbeitung von Latexmischungen, die nicht ausgesprochen pastösen Charakter aufweisen. Am besten geschieht dies derart, daß man das Streichmesser nicht, wie sonst üblich, direkt oberhalb der Streichwalze anbringt, sondern den zu streichenden Stoff unter Spannung frei unter dem Streichmesser, das entsprechend eingestellt sein muß, durchlaufen läßt (Abb. 1020). Im allgemeinen kann die übrige Anordnung der Streichmaschine beibehalten werden.

Diesen Schwierigkeiten kann man aber mit Erfolg dadurch begegnen, daß man entsprechend hohe Latexkonzentrationen anwendet, mit Hilfe derer es nicht allzu schwierig ist, Streichmassen herzustellen, deren Konsistenz der einer Benzinlösung oder eines Benzinteiges annähernd gleichkommt. Wir können, mit anderen Worten, auf diese Art und Weise die Streichmasse analog der üblichen Methode direkt vor dem Streichmesser auftragen, so daß sie beim Durchgang des Stoffes, ähnlich dem Benzinteig vor dem Messer, zu einem Wulst oder zu einer Wurst rollt. Durch Zusatz geeigneter Verdickungsmittel läßt sich dieser Effekt noch erhöhen, z. B. durch Anwendung von Triäthanolamin oder Tylose.

Nun sind aber noch weitere sehr wesentliche Unterschiede zu beachten. Die Gummilösungen oder der Gummiteig weisen im Vergleich zu Latexmischungen, selbst wenn diese in bezug auf Kautschukfestsubstanz ganz erheblich höhere Konzentration haben, viel höhere Viskositäten bzw. innere Zähigkeiten auf. Dies hat zur Folge, daß die Masse nach Passieren des Streichmessers, das naturgemäß auf die Lösung eine gewisse Druckwirkung ausübt, sich weitgehend wieder ausgleicht und zu einem einheitlichen Film verteilt. Die Latexmischungen hingegen, die, wie schon mehrfach erwähnt, ein wäßriges, heterogenes, disperses System darstellen, weisen nicht annähernd derartige Zähigkeiten auf, so daß sie nach Passieren des Messers so gut wie gar keine Tendenz zur Ausgleichung des Films besitzen. Zur Erzielung gleichmäßiger Striche ist es daher erforderlich, daß schon die Masse an sich in jeder Beziehung glatt vor dem Messer läuft. Schon die kleinsten Füllstoff-Agglomerate der Mischung, das kleinste Koagel wird sich in dem abtrocknenden Film unangenehm bemerkbar machen. Setzt sich aber einmal ein derartiges Agglomerat am Streichmesser fest, so ergibt sich sofort die Ausbildung sehr störend wirkender Rillen in der aufgetragenen Kautschukschicht.

Ein weiterer, bei der Herstellung von Streichwaren mit Latex, ebenfalls auf Grund der mangelnden inneren Zähigkeit der Mischung, sehr zu beachtender Punkt, ist ein besonders gleichmäßiges Laufen der Streichmaschine. Wenn die Maschine den Stoff nicht gleichmäßig unter dem Messer durchzieht, sondern dies, wie bei älteren Maschinen oft feststellbar, mehr ruckweise erfolgt, besteht die Gefahr, daß der Strich parallel zur Messerstellung streifig ausfällt. Diese Erscheinung ist bei Anwendung von Kautschuk-Benzinlösungen nicht in dem Maße zu befürchten, da selbst bei ruckweisem Vorzug des Stoffes die innere Zähigkeit der Streichmasse sofort nach Verlassen des Messers einen weitgehenden Ausgleich in der Schichtdicke bewirken würde. (Diese Erscheinung ist besonders bei der Herstellung von Kunstvelour zu beachten.)

Die Trocknung der mit Latex gummierten Stoffe erfolgt ebenfalls durch Anwendung der üblichen Heizplatten oder Heizröhrn (Abbildung 1021). Hierbei ist die Temperatur der Heizplatten, ihre Länge bzw. die Geschwindigkeit des Streichvorganges so einzustellen, daß der gummierte Stoff nach Verlassen des Heitztisches hinreichend trocken ist, um aufgewickelt werden zu können. Bei Verwendung üblicher Latexmischungen zeigt sich nun, daß die den mittels Benzinlösungen u. dgl. gestrichenen Stoffen anhaftende Klebrigkeit der Gummischicht nicht vorliegt, da getrocknete Latexfilme im allgemeinen, wie bereits erwähnt, eine trockene nicht klebende Oberfläche aufweisen. So angenehm dies auch in manchen Fällen sein mag, so nachteilig ist gerade diese Erscheinung,



Abb. 1021. Streichmaschine

wenn es sich um die Herstellung von gummierten Stoffen handelt, denen durch geeignete Puderung oder Nachbehandlung ein besonderer »Finish« erteilt werden soll. Die mangelnde Klebkraft der getrockneten Latexschichten verhindert nämlich das Festhaften der jeweils zur Anwendung gelangenden Puder Massen, so daß diese Stoffe der

durch die Puderung bedingten Oberflächeneigenschaften rasch verlustig gehen. Diesen Übelstand auszuschalten, war eines der schwierigsten Probleme auf dem Gebiete der Anwendung von Latex für gummierte Stoffe. Inzwischen ist es aber gelungen diese Schwierigkeiten durch geeignete Mischungen weitestgehend zu beseitigen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß man durch Zusatz geeigneter Substanzen, die auf den Latex-Kautschuk ausgesprochen erweichende, viskositätserhöhende Wirkung haben, auch die Klebrigkeit der Oberfläche und gleichzeitig ihre Glätte erheblich erhöhen kann, so daß man unter Berücksichtigung dieser Erkenntnis heute in der Lage ist, gummierte Stoffe unter direkter Verwendung von Latexmischungen herzustellen, die in ihrem Äußeren sowie in ihrem Griff den üblichen »heißvulkanisierten« Stoffen nicht mehr nachstehen. Ein Beispiel einer derartig zusammengesetzten Mischung ist:

130	Revertex
5	Zinkoxyd
2,5	Schwefel
1,0	Lat. 2
1,0	Alterungsschutzmittel MB
50,0	Lithopone
3,0	Sipalin AOM

Vielfach werden auch heute noch gummierte Stoffe zwecks Erzielung des vom Käufer so besonders beliebten samtartigen »Finish« nach erfolgter Puderung nicht heiß, sondern kalt im Chlorschwefeldampf oder -lösung vulkanisiert. Die Übertragung dieser Methode auf mit Latex gummierte Stoffe stößt aber auf erhebliche Schwierigkeiten. Diese beruhen vornehmlich darauf, daß es außerordentlich schwierig ist, den aus

Latex erzielten Strichen in der verhältnismäßig kurzen Trockenzeit über den Heizplatten oder -trommeln das Wasser so restlos zu entziehen, daß auch die letzten Spuren von Feuchtigkeit entfernt werden. Außerdem enthalten die Latices in mehr oder minder hohem Maße Substanzen, die, wie bereits erwähnt, hygroskopisch sind, so daß der Film nach kurzer Lagerung, insbesondere bei der feuchten Jahreszeit, gewisse Mengen von Feuchtigkeit aus der Luft rasch wieder aufnimmt. Es ist dann unvermeidlich, daß übermäßige Salzsäurebildung in der Gummischicht erfolgt, die zu einer erheblich rascheren Zerstörung derselben führt, als dies bei den sonst kaltvulkanisierten Waren bekannt ist. Wohl kann man dieser Schwierigkeit durch besonders konstruierte Trockenvorrichtungen begegnen, deren Prinzip darauf beruht, daß nicht die Trocknung von der Oberfläche aus, sondern aus dem Inneren erfolgt; hierauf kann die Kaltvulkanisation sofort angeschlossen werden.³¹

Die Ergebnisse der Heißvulkanisation sind aber qualitativ so weit den Kaltvulkanisaten überlegen, daß man wohl mit Recht erwarten darf, daß die wirklich nur rein äußerlichen Griffunterschiede u. dgl. auf die Dauer nicht in der Lage sein werden, als ausschlaggebender Faktor für den Verkauf der Ware zu gelten.

Die Vorteile, die die Herstellung von Streichwaren und gummierten Stoffen unter Anwendung von Latex gegenüber der bisher üblichen Methode bieten, sind so augenfällig, daß sich eine eingehende Diskussion derselben wohl erübrigt. Es sei lediglich auf die völlige Beseitigung der Feuersgefahr, sowie der immerhin nicht unberücksichtigt zu lassenden Gesundheitsschädigung der Arbeiter durch Benzindämpfe verwiesen.

Ein Gebiet, das sich die Verarbeitung von Latex in hohem Maße zu eigen gemacht hat, ist das der Kaschierung oder Doublierung. Mit Hilfe geeigneter Latexmischungen, wie z. B. der folgenden:

Transparente Kaschiermischung:

250	Latex (40proz.)
5	Zinkoxyd (coll.)
3	Schwefel (coll.)
1,25	Lat. 2
3,0	Triäthanolamin

ist ohne weiteres möglich, Kaschierungen herzustellen, die in bezug auf Haltbarkeit, Alterung und Billigkeit die bisher üblichen Kaschierungen mit Benzinlösungen weitaus in den Schatten stellen. Der Vorgang ist hier denkbar einfach. In der Regel genügt es, einen der beiden Stoffe mit Latexmischung zu bestreichen. Nach Passieren des Streichmessers trifft er, solange die aufgetragene Schicht noch naß ist, mit dem zweiten Stoff zusammen und wird nun mittels eines zumeist gummi belegten Walzenpaares unter hinreichendem, aber nicht allzu starkem Druck mit der zweiten Stoffbahn vereinigt, um dann noch als kaschiertes Gewebe über den Trockentisch zu laufen (Abb. 1022). Handelt es sich um die Herstellung besonders starker Kaschierungen oder Doublierungen, so emp-

³¹ Büttner-Trockner, Uerdingen a. Niederrhein

fiehl es sich, beide Stoffe mit der Latexmischung gleichzeitig zu bestreichen. Unter der Voraussetzung, daß hinreichend stabilisierte Latexmischungen Anwendung finden, kann man dies unter Verwendung eines üblichen Doublierkalenders ohne weiteres ausführen (Abb. 1023).

Auf einzelne, eigentlich auch in den Abschnitt »Streichwaren« einzuordnende Spezialgebiete soll in den hierfür besonders bestimmten Abschnitten noch separat zurückgekommen werden.

Wie in dem Abschnitt »Gummierte Stoffe« eingehend erörtert, wendet man in der üblichen bisherigen Industrie vielfach auch die Gummierung auf dem sogenannten »trockenen Wege« an, d. h. der Auftrag der Gummischicht erfolgt hier nicht über den Umweg der Lösung, sondern unter Verwendung hinreichend plastisch gemachter Mischungen auf so-

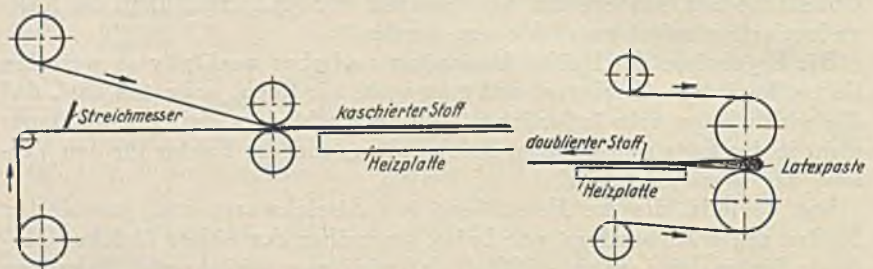


Abb. 1022. Kaschierung

Abb. 1023. Dublierung

genannten »Frikzionierkalendern«. Es hat auch an Versuchen nicht gefehlt, sich diese schwere Apparatur in der Verarbeitung von Latex zunutze zu machen. Sieht man ganz davon ab, daß der Grundgedanke der direkten Latexverarbeitung sich in der Mehrzahl der Fälle mit der Anwendung der in der üblichen Gummi-Industrie gebräuchlichen schweren Maschinen nicht gut vereinen läßt, so muß man sich auch hier wieder die chemische und physikalische Konstitution des Latex als wäßrige Kautschukdispersion vor Augen halten. Wenn man dies berücksichtigt, wird man verstehen, daß die Anwendung von Frikzionskalendern schon deshalb ungeeignet ist, weil die flüssige oder im besten Falle pastöse Masse nach Durchlauf durch den Kalender nicht ohne weiteres vollkommen auf dem Gewebe niedergeschlagen wird, oder sich von der Walze als zusammenhängender Film abziehen läßt. Diese Masse wird vielmehr, sofern sie nicht vom Gewebe aufgenommen wird, auf der Walzenoberfläche mitlaufen, so daß nach kürzester Zeit eine so weitgehende Verunreinigung des Maschinenaggregates vorliegt, daß von einer einwandfreien, sauberen Arbeit nicht mehr die Rede sein kann.

Abschließend sei noch gestattet, auf einige bereits an anderer Stelle kurz erörterte Punkte hinzuweisen, die aber in diesem Zusammenhang von Wichtigkeit sind. Wie bereits erwähnt, weisen die meisten Gewebe eine mehr oder minder stark ausgeprägte Wasser abstoßende Eigenschaft auf. Diese Eigenschaft tritt selbst bei stark appetittem Gewebe bei Verwendung von Kautschuk-Benzinlösungen deshalb kaum in Erscheinung, weil das Lösungsmittel des Kautschuks in der Regel auch imstande

ist, die fett- oder wachsartigen Oberflächenschichten der Fasern so weitestgehend aufzulösen, daß sich der Kautschuk leicht an den Fasern anlagern oder in sie eindringen kann. Dies ist aber bei Latex mit seinem wäßrigen Dispersionsmittel nicht der Fall. Läßt man daher diese Punkte außer acht, so wird man in der Regel Gummierungen erhalten, deren Haftfestigkeit auf dem Gewebe gering ist und die sich nach erfolgter Trocknung verhältnismäßig leicht als zusammenhängender Film vom Gewebe abziehen lassen.³² Unsere Erfahrung hat uns aber gelehrt, diesen schwerwiegenden Übelstand völlig zu beseitigen, einfach dadurch, daß wir entweder das Gewebe vor der Gummierung mit entsprechenden Benetzungsmitteln behandeln, oder bei der Zusammensetzung der Latexmischung, wie bereits gezeigt, geeignete Benetzungsmittel anwenden.

Was die weitere Behandlung der gestrichenen und dublierten Stoffe anbelangt, insbesondere was ihre Vulkanisation betrifft, so gelten hier die gleichen Vorschriften und Anordnungen, wie sie in dem Abschnitt »Gummierte Stoffe« bereits eingehend behandelt worden sind. Nur sei hier noch auf einige, vielleicht nicht unwesentliche Punkte kurz hingewiesen. In letzter Zeit hat sich in fortschrittlichen Gummiwarenfabriken die Verwendung der sogenannten kontinuierlichen Stoff-Vulkanisationsmaschine, oder auch »Mattenmaschine« genannt, für die verschiedensten Zwecke außerordentlich bewährt. Dies gilt insbesondere für die kontinuierliche Heißvulkanisation gestrichener Stoffbahnen. Während diese Apparaturen bei der Verarbeitung von Stoffen, die mit Kautschuk-Benzinlösungen gestrichen wurden, oder die durch Friktionierung auf dem Kalandr mit Gummi bedeckt wurden, im allgemeinen der Erzielung einer einheitlichen und kontinuierlichen Vulkanisation dienen, hat sich diese Maschine bei der Verarbeitung von mit Latex gummierten Stoffen auch deshalb besonders bewährt, weil sie die eingangs bereits erwähnte mangelhafte Oberflächenbeschaffenheit der Stoffe restlos auszugleichen imstande ist. Es ist, mit anderen Worten, unter Verwendung von Mattenvulkanisiermaschinen heute ohne weiteres möglich, — selbst unter Ausschaltung der bereits erörterten, zur Erzielung glatter Latexstriche zweckmäßigen Zusätze —, völlig einwandfreie Stoffe mit absolut glatter Oberfläche zu erzielen.

Schließlich sei noch auf das Problem der Lackierung hingewiesen, das bei Verarbeitung von Latex besonderes Augenmerk beansprucht. Hier gilt wieder die Feststellung, daß es nicht ohne weiteres möglich ist, latexgummierte Stoffe vollkommen trocken zu bekommen, so daß man bei der Auswahl der Lacke von vornherein alle die auszuschalten hat, die durch Einfluß von Spuren von Feuchtigkeit entweder schlecht trocknen oder keine hinreichende Haftfestigkeit ergeben oder auch matt bleiben. Die in den meisten Fällen angewandten Schellacklösungen sowie die vornehmlich in Amerika zur Anwendung gelangenden Bromierungen gewisser gummierter Stoffe eignen sich auch für Latex. Daß auch die Nachbehandlung von mit Latex gestrichenen gummierten Geweben mit Ultrabeschleunigerlösungen ohne Schwierigkeiten möglich ist, sei hier nur

³² Siehe Abschnitt »Ballonstoff«, Seite 749

vermerkt. Dieses Verfahren hat gegenüber der Einmischung dieser Beschleuniger in die Mischung den Vorteil, daß man niemals Gefahr läuft, die Mischung bereits vor dem Streichvorgang anzuvulkanisieren. Es sei aber hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß diese Gefahr bei Verarbeitung von Latex erheblich geringer ist, als dies bei Verarbeitung von ultrabeschleunigten Gummilösungen, die sehr rasch gelieren, der Fall ist. Selbst von den allerstärksten Ultrabeschleunigern haben nur ganz wenige eine Anvulkanisation gezeigt, und selbst dann ist die Vornahme des Streichvorganges noch ohne weiteres möglich. Beruht doch schließlich auf diesem Prinzip das sogenannte »Vultexverfahren« (Anwendung von bereits vulkanisiertem Latex).³³

Eine interessante Entwicklung auf dem Gebiete des Kunstleders unter Verwendung von Latex beruht auf der Verarbeitung von speziellen Latexmischungen auf nach besonderen Verfahren aufgerauhten und gewalkten Geweben. Man erhält hier ohne besondere maschinelle Maßnahmen eine sehr ansprechende lederartige Narbung bei leichtestem Gewicht des Produktes, mit dem weiteren Vorteil, daß diese Produkte, die sich insbesondere für die Konfektion sowie für die Handschuhindustrie eignen, luftdurchlässig sind. Handschuhe, die aus diesem Material hergestellt sind, eignen sich besonders für den Sport, wie beispielsweise zum Chauffieren. Sie vereinigen in sich den Vorteil sehr geringen Gewichtes und hinreichender Luftdurchlässigkeit. Ihr Griff ist infolge der Dünne der Schicht sehr angenehm und gewährt dennoch einen mit Leder nie erreichbaren Halt am Lenkrad. Auch im feuchten Zustande gehen diese Eigenschaften im Gegensatz zu Leder nicht verloren. Da sie jederzeit leicht zu reinigen sind (Auskochen in Sodalösung), können sie in den zartesten Farben bis zu reinem Weiß hergestellt und gebraucht werden.³⁴

Gummi-Treibriemen und -Transportbänder

In dem für die Herstellung von Gummi-Treibriemen und -Transportbändern bestimmten Spezialabschnitt (Seite 735) hat uns der Verfasser mit den üblichen Methoden der Herstellung dieser Produkte bereits ausführlich bekannt gemacht. Wir ersehen aus dieser Darstellung, daß man sich hierbei vornehmlich der Friktionierung entsprechender Gummimischungen auf das Gewebe unter Zuhilfenahme geeigneter Riemmentuch-Friktionieraggregate bedient. Diese Methode ist seit langem eingeführt und hat sich auch bewährt, hat in letzter Zeit wohl lediglich die Änderungen erfahren, die sich durch die fortschrittliche Technik und die damit zusammenhängende Verbesserung der Maschine ergeben. Man kann somit in diesem Falle die Verarbeitung von Latex, insbesondere Latexkonzentraten als eine neue Epoche ansehen.

Die Herstellung von Gummi-Treibriemen sowie -Transportbändern

³³ Siehe »Latex«, S. 126; »Rubber Latex«, S. 83

³⁴ Das Material ist unter dem Namen »Eskin« bekannt, siehe »Mitteilungen aus dem Arbeitsbereich der Metallgesellschaft A.-G., Frankfurt a. M.«, 7 (1932) S. 17

unter Verwendung von Latex hat in den letzten Jahren zunehmendes Interesse gefunden und sich auch in den verschiedensten Ländern im Großen durchgesetzt. Hierbei ist vor allem ein Punkt zu beachten, der an sich auch für andere Verwendungsgebiete von Latex in mehr oder minder stark ausgeprägtem Maße Geltung hat. Die Herstellung von Gummi-Treibriemen unter Anwendung von Latex ist gegenüber der bisher ausgeübten Methode ganz erheblich einfacher und erfordert zur Erzielung

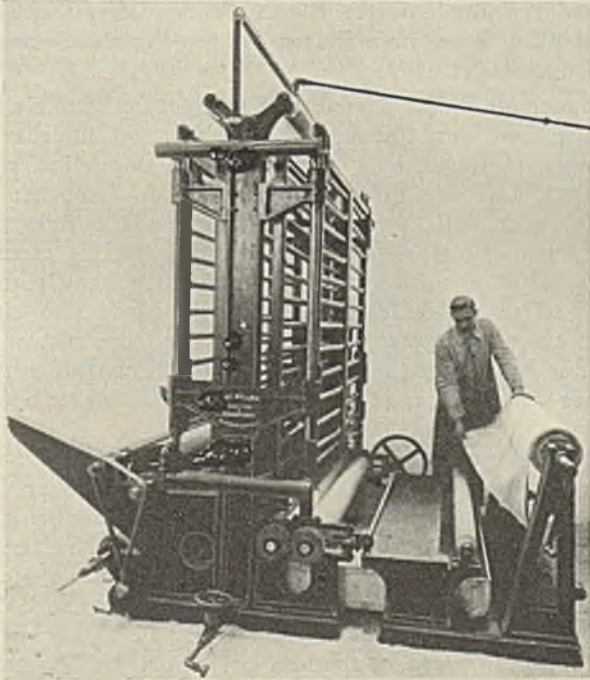


Abb. 1024. Riementuch-Tränkmaschine für Latexverarbeitung

eines einwandfreien und mit den bisher gelieferten Produkten zumindest vergleichbaren Waren einen erheblich einfacheren und vor allem einen nicht annähernd so schweren Maschinenpark. Es ist daher begreiflich, daß sich für die Herstellung derartiger Treibriemen auch Unternehmen interessieren, die bisher von der Herstellung von Treibriemen aus Gründen der hohen Anschaffungskosten der erforderlichen Maschinen zurückgeschreckt sind.

Die Herstellung der Treibriemen geht folgendermaßen vor sich: Das zur Verwendung gelangende und entsprechend konditionierte Lagentuch wird mit einer geeigneten Latexmischung, wie sie z. B. auf Seite 1443 bereits angegeben wurde, auf geeigneten Apparaturen einseitig gestrichen. Bei der Ausführung der Striche ist es nun unbedingt erforderlich, daß die angewandte Latexmischung möglichst tief in das meist sehr eng ge-

schlagene Riemmentuchgewebe eindringt, um später eine möglichst gute Haftung der einzelnen Riemenschichten aneinander zu sichern. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man dies am besten durch Anwendung hierfür besonders konstruierter Maschinen erreichen kann, die neben der streichenden, auch gleichzeitig eine einreibende Wirkung vorsehen (Abb. 1024). Das Riemmentuch wird dann möglichst sofort nach erfolgter Streichung, wie beschrieben, gefaltet und dann zwecks Erzielung möglichst starker Lagerhaftung, sei es nun in den üblichen Riemenpressen oder unter Verwendung sogenannter kombinierter Riemen-Vulkanisiermaschinen (sie sind prinzipiell mit den bereits erwähnten Matten-Vulkanisiermaschinen vergleichbar), vulkanisiert.

Die Untersuchung dieser Riemen hat nun gezeigt, daß sie in bezug auf die Trennfestigkeit der einzelnen Lagen den auf übliche Weise hergestellten weit überlegen sind und leicht die doppelte Trennfestigkeit erzielen lassen. Daß die Faltung kurz nach erfolgter Streichung vorgenommen werden soll, beruht darauf, daß, wie bereits erwähnt, ein Latexstrich nach erfolgter Trocknung verhältnismäßig rasch seine klebenden Eigenschaften verliert. Selbstverständlich kann man diese auch hier durch geeignete Zusätze erzielen, doch würde sich ein derartiges Vorgehen in einer geringeren Qualität des Fertigproduktes dokumentieren, da die zur Anwendung zu bringenden, die Klebkraft erhöhenden Zusätze die hier vor allem angestrebte hohe Haftfestigkeit beeinträchtigen würden.

Die unter Verwendung von Latex hergestellten Riemen haben sich im Betrieb hervorragend bewährt und weisen außer hoher Lebensdauer auch eine hervorragende Adhäsion an den Riemenscheiben auf, wodurch insbesondere im Dauerbetrieb nicht unerhebliche Kraftersparnisse zu verzeichnen sind. Die Tatsache, daß Latex schon an sich eine viel raschere Vulkanisation ergibt als mastizierter Kautschuk, hat es auch ermöglicht, einwandfreie Riemen herzustellen, die keiner direkten Preßheizung unterworfen werden, sondern bei denen die Mischung lediglich mit Ultrabeschleunigern so stark versetzt ist, daß die eigentliche Ausvulkanisation in kürzester Zeit bei der Lagerung oder gar im Betriebe erfolgen kann.

Auch im Falle der Riemenherstellung bewährt sich, wie aus dem Rezept ersichtlich, der Zusatz von ausgesprochenen Benetzungsmitteln, da hierdurch die Eindringung des Latexkautschuks in das Riemmentuch erheblich erleichtert und gesteigert wird.

Die Verwendung von Latex zur Herstellung von Treibriemen und Transportbändern hat aber in letzter Zeit durch zwei Erfindungen einen besonders interessanten Aufschwung gefunden, dessen Auswirkungen in Anbetracht der Kürze der verstrichenen Zeit noch nicht zu ermessen sind. Französischen Forschern ist es gelungen, ein Verfahren auszuarbeiten, gemäß dem der einzelne Faden schon während des Spinnvorganges so intensiv mit Latex behandelt wird, daß ein völlig mit Gummi durchtränkter Faden resultiert, der dann zu Geweben der verschiedensten Art auf übliche Weise verwebt werden kann. Webt man aus diesem Material,

das unter dem Namen »Filastic« bekanntgeworden ist, einen Riemen oder ein Riementuch, so tritt durch nachfolgende Preßvulkanisation eine völlige Verschmelzung der Struktur ein, so daß wir es dann mit einem Riemen ohne Lagenstruktur zu tun haben. Das Verfahren eignet sich selbstverständlich auch für andere Gebiete, wie beispielsweise für die Herstellung von Planen, Säcken u. dgl., die chemischen und atmosphärischen Einflüssen stark ausgesetzt sind.³⁵

Vielleicht einen noch größeren Fortschritt verdanken wir einer kürzlich bekanntgewordenen spanischen Erfindung.³⁶ Durch Verwendung von besonderen Schutzstoffen und geeigneten Mischungen sowie durch Anwendung relativ hoher Drucke (bis zu 800 Atm.) ist es gelungen, fertige Gewebe, wie beispielsweise zu einem Stück verwebte Riemen, Hanfsohlen, ja sogar Seile bis zu Durchmesser von 7 cm und mehr mit Latex absolut durchgehend zu imprägnieren. Nach diesem Verfahren hergestellte Riemen haben selbst unter den schwierigsten Bedingungen, wie z. B. dauernde Einwirkung von Seewasser, Ölen usw., die Lebensdauer üblicher gummierter Treibriemen bereits um ein Mehrfaches überdauert. Aus diesem Beispiel ersehen wir bereits, daß die Industrie der Gummireiemen aus der direkten Verarbeitung von Latex einen außerordentlichen Impuls erfahren hat, und es ist bei den bereits praktisch erzielten Erfolgen anzunehmen, daß die Verarbeitung von Latex gerade auf diesem Spezialgebiet in allernächster Zeit steigendes Interesse beanspruchen dürfte.

Was die Herstellung von Transportbändern anbelangt, so haben wir es hierbei mit ähnlichen Schwierigkeiten zu tun, wie bei der Herstellung von Reifen. Wohl sind insbesondere in England Verfahren bekanntgeworden³⁷, mit deren Hilfe man aus Latex nicht nur Gummireiemen, sondern auch Transportbänder mit mehr oder minder starken Gummiauflagen herstellen kann. Es würde aber bedeuten, den Boden der Objektivität zu verlassen, wenn man auch in dieser Beziehung heute schon von einem durchschlagenden Erfolge sprechen würde. Die Herstellung der Gummiauflagen erfordert die Anwendung von mechanischen Einflüssen gegenüber besonders widerstandsfähigen Mischungen, die ähnlich wie die Reifenlauffläche des Automobilreifens eine hohe Kerbzähigkeit aufweisen müssen. Der üblicherweise für derartige Mischungen angewandte Gasrußzusatz muß bei der Verarbeitung von Latex aus den früher erörterten Gründen so gut wie ausgeschaltet werden. Des weiteren bedingt die Trocknung von Schichtdicken, wie sie für den vorgesehenen Zweck unbedingt erforderlich sind, die ebenfalls bereits erwähnten Schwierigkeiten, die hier noch dadurch gesteigert werden, daß ein derartiges Verfahren nur dann von Interesse sein kann, wenn die Trocknung auf dem Gewebe selbst erfolgen kann. Hier müssen aber ungleiche Schrumpferscheinungen zwischen dem trocknenden Gewebe und der trocknenden Gummischicht mit berücksichtigt werden.

³⁵ E. P. 338 381/1931; F. P. 700 850

³⁶ D. R. P. Anmeldung D 62 680 IVa 39b₁

³⁷ E. P. 366 938/1930

Wenn auch hier die weitere Entwicklung der Latexverarbeitung sicherlich in absehbarer Zeit Mittel und Wege finden wird, zu einwandfreien Produkten zu gelangen, so erscheint es beim heutigen Stand unserer Erfahrungen angezeigt, sich mit der Imprägnierung des tragenden Gewebes unter Verwendung von Latex zu begnügen, und die Auflage nach derzeit üblichen Methoden vorzunehmen.

Ballonstoff

Über die Anwendungsmöglichkeiten von Latex zur Gummierung von Ballonstoff ist bereits in dem Spezialabschnitt »Ballonstoff« (Seite 749) gesprochen worden. Es sei hier noch lediglich darauf hingewiesen, daß die wissenschaftliche Forschung der allerletzten Jahre uns auch hier, wie bereits mehrfach erörtert, Mittel und Wege an Hand gegeben hat, die vom Verfasser des Abschnittes »Ballonstoff« noch gerügte mangelhafte Haftung auf der Ballonseide so zu verbessern, daß sie gegenüber der Verwendung von Kautschuk-Benzinlösungen nicht mehr zurücksteht. Auch die Bedenken, daß die aufgebrachten Latexschichten Substanzen enthalten, die der Einwirkung der Atmosphäre schlecht widerstehen, dürften auf Grund der neueren Arbeitsmethoden weitgehend beseitigt sein. Insbesondere gilt dies für die Verarbeitung von Latex-Gelatinemischungen, wie sie von Goodyear³⁸ vorgeschlagen werden, da man hier durch geeignete Herstellungsmethoden nicht nur die Gelatine, sondern die etwa noch vorhandenen wasserlöslichen oder hygroskopischen Bestandteile des Latex in unlösliche Form überführen kann. Da aber das Gebiet der Ballonstoffgummierung in Anbetracht der Wichtigkeit, die eine einwandfreie Gummierung für die Sicherheit des Ballons bedeutet, besondere Vorsicht erfordert, können hier abschließende Urteile erst nach ebenso langen Versuchen gefällt werden, wie sie seinerzeit bei der Einführung der nach den üblichen Verfahren gummierten Ballonseiden erforderlich waren.

Kunstleder³⁹

In dem Spezialabschnitt »Kunstleder« (Seite 767) ist eine sehr übersichtliche Einteilung der verschiedenen Herstellungsarten von Kunstleder wiedergegeben. Die Herstellung von gummierten Geweben, sogenannten amerikanischen Ledertuchen, erfolgt genau nach den bereits in dem Abschnitt »Gummierte Stoffe« gemachten Ausführungen mit der Einschränkung, daß man bei Verwendung von Latex naturgemäß die bereits erörterten Abänderungen der Streichapparatur zu berücksichtigen hätte. In Amerika hat sich bei dieser Fabrikation, wie bereits an anderer Stelle erwähnt, ein Schlußstrich mit etwa 1proz. wäßriger Bromlösung sehr bewährt. Man erzielt hierdurch eine schwache Bromierung der Oberfläche, wodurch diese erstens einen eigenartigen Glanz und Griff erhält, außerdem aber wird sie durch diese Behandlung gegenüber äußeren Einflüssen

³⁸ E. P. 347 735/1931; F. P. 711 319

³⁹ Siehe z. B. Gummi-Ztg. 45 (1930) S. 152; I.R.J. 77 (1928) S. 833

widerstandsfähiger gemacht. Handelt es sich um die Herstellung von Lederimitationen, bei denen die aufgetragenen Gummischichten durch Narbung ein lederähnliches Aussehen erhalten sollen, muß man bei der Verarbeitung von Latex, dem bereits in der Mischung die erforderlichen Vulkanisationsingredienzen zugesetzt werden, bei der Auswahl derselben vorsichtig sein. Die Anwendung von Ultrabeschleunigern ist nicht zu empfehlen, da Latex bekanntlich bei Anwesenheit von Ultrabeschleunigern im trockenen Zustand sehr rasch vulkanisiert und die Gefahr besteht, daß die Gummischicht bereits zu weit anvulkanisiert ist, um sie auf dem Narbenkalender weiter bearbeiten zu können. Durch die Vulkanisation bedingte Elastizitätserhöhung der Gummischicht würde sich die Narbung gleich nach dem Passieren des Narbenkalenders wieder in mehr oder minder starkem Maße verflachen. Man sollte daher nur mit solchen Beschleunigern arbeiten, die eine frühzeitige Anvulkanisation nicht befürchten lassen und die Narbung prinzipiell vor der eigentlichen Vulkanisation vornehmen.

Ein Gebiet, das gerade durch die Verwendung von Latex einen besonderen Aufschwung erfahren hat, ist die Herstellung sogenannter »Brandsohlendeckstoffe«. Es handelt sich hier um ein auf Gewebeunterlage hergestelltes, zumeist ganz schwach genarbttes, kunstlederartiges Produkt, das als Einlage in der Schuhindustrie sehr große Bedeutung hat. Da derartige Brandsohlendeckstoffe sehr billig sein müssen, außerdem von ihnen keine erhebliche mechanische Beanspruchung gefordert wird, werden dieselben unter Anwendung besonders hochgefüllter Latexmischungen hergestellt, wie beispielsweise aus dem folgenden Rezept ersichtlich:

130	Revertex
430	Kaolin
100	Kaseinlösung (10proz.)
53	Zinkoxyd
2	Schwefel
0,2	Vulkazit P
254,8	Wasser

Die Herstellung selbst erfolgt nach den bereits unter »Streichwaren« erörterten für Latex heute üblichen Methoden. Die Narbung erfolgt nach Trocknung des Aufstriches auf sogenannten »Narben- oder Gaufragewalzen«.

Ein Problem, das bei der Herstellung von Kunstleder mit Gewebeunterlage auf Latexbasis trotz zahlreicher und sich schon über lange Zeit erstreckender Versuche noch immer nicht als restlos befriedigend gelöst bezeichnet werden kann, ist die Lackierung des fertigen Kunstleders. Die Schwierigkeiten einer wirklich gut haftenden und hierbei hinreichend elastischen Lackierung dürften in der Eigenart des aus Latex durch Verdampfung o. dgl. niedergeschlagenen Kautschukfilmes zu suchen sein, der, wie bereits mehrfach erörtert, die letzten Spuren von Feuchtigkeit hartnäckig zurückhält, wodurch das Haften und vor allem die Trocknung von Öl- oder Nitrocelluloselacken außerordentlich erschwert wird.

Dem Verfasser dieser Zeilen ist schon vor Jahren ein Geheimverfahren

bekanntgeworden, das auf Grund der damals angestellten Lackierungsversuche die oben erwähnten Schwierigkeiten anscheinend in hohem Maße beseitigte. Leider ist über dieses Verfahren, das angeblich in Frankreich heute von einem Unternehmen ausgewertet wird, nichts weiter bekanntgeworden, so daß Einzelheiten hier nicht wiedergegeben werden können. Der Grundgedanke dieses Verfahrens liegt darin, Nitrocellulose und Latex bzw. vulkanisierten Latex (Vultex) durch Anwendung geeigneter, streng geheimgehaltener Stabilisatoren in Lösungsmitteln zu einer hochprozentigen erstaunlich homogenen, flüssigen Mischung zu vereinigen, die nach Verdampfung des Lösungsmittels einen Film hinterläßt, der sämtliche vorteilhafte Eigenschaften der kombinierten Nitrocellulose-Kautschukmischungen aufwies. Durch mehrfaches Streichen war es auch ohne weiteres möglich, verhältnismäßig große Schichtdicken zu erzielen, die jeder beliebigen Narbung zugänglich waren und dennoch eine erstaunliche Elastizität aufwiesen. Das Verfahren ließ sich mit Erfolg sowohl für Papier als auch für Gewebe verwenden. Es wäre immerhin von großem Wert, wenn die an einem solchen Problem interessierten Unternehmungen der Lack- oder Lösungsmittelindustrie einmal in der erörterten Richtung ernstliche Versuche anstellen würden, da eine Lösung dieses Problems, sofern sie der Allgemeinheit zugänglich wäre, mit absoluter Sicherheit einen großen Erfolg bedeuten würde. Derzeit hilft man sich über die erwähnten Schwierigkeiten hinweg, indem man als Abschlußstrich einen dünnen Film aus Benzinlösung niedergeschlagenen Kautschuks aufträgt, der die störenden Einflüsse der im Latex verbleibenden Feuchtigkeit von der aufzubringenden Lackierung fernhält. Hierbei ist aber noch ein Punkt zu berücksichtigen, der auch beispielsweise bei der Lackierung von Spielzeugen u. dgl. mit üblichen Gummi-Emallen berücksichtigt werden muß. Da Latex, wie bereits beschrieben, bei der Heißvulkanisation so gut wie gar keinen Fluß zeigt, tritt während der Vulkanisation, wie durch sehr eingehende mikroskopische Arbeiten erwiesen werden konnte, auch so gut wie gar keine Schwefeldiffusion an die Oberfläche ein. Dies ist mit Sicherheit auf die »ungebrochene« Struktur des Latexfilmes zurückzuführen. Demzufolge kann eine schwefelfreie Mischung während der Vulkanisation aus der aus einer Latex-Gummi-Schwefelmischung bestehenden Unterschicht nie die Schwefelmenge aufnehmen, die sie selbst zur Vulkanisation benötigt. Es ist daher erforderlich, daß die Gummilackschichten (aus Lösungen von mastiziertem Kautschuk hergestellt) auf Latexgummierungen von vornherein mit den für ihre Vulkanisation erforderlichen Ingredienzien versehen werden.

Auch die Herstellung von Kunstleder aus Nitrocellulose-Kautschukmischungen ohne Gewebeunterlage, wie sie insbesondere in Amerika größte Verbreitung gefunden haben, würde sich sofort bei Verwendung von Latex durch die Lösung des oben erwähnten Problem es ergeben und einen weiteren neuen Absatz für Latex sichern.

Bezüglich der Dublierung, die vornehmlich aus Gründen der dauernden Wasserfestigkeit des Kunstleders vorgenommen wird, ist an dieser

Stelle nicht viel zu sagen, da man auf Grund der bereits in dem betreffenden Spezialabschnitt gemachten Ausführungen ohne weiteres die Gummilösung durch geeignete Latexmischungen ersetzen kann.

Bezüglich der Wildlederimitationen u. dgl. durch Aufstäuben oder durch Aufbringen geeigneter Fasermassen oder pulverförmiger Produkte auf ein mit einer Latexklebeschicht versehenes Gewebe sei auf den Abschnitt »Kunstvelour« (Seite 783) verwiesen. Die hier im besonderen für die Verarbeitung von Baumwollstoß gemachten Angaben gelten vollinhaltlich auch für die Verwendung anderer Substanzen, wie Kunstseidestaub, Ledermehl, Korkmehl, Gummimehl u. dgl.

Vom Standpunkt des Latextechnologen ist die zweite Gruppe »kunstlederartige Massen«, nämlich die aus Faserstoff-Bindemittelgemischen hergestellten Produkte, von ganz erheblich größerem Interesse. Gerade auf diesem Gebiet ist in den letzten Jahren unter Verwendung von Latex Großes geleistet worden. So haben wir durch Verarbeitung von Latex-Cellulosegemischen, bei denen für eine einheitliche Niederschlagung der Kautschukphase auf der Cellulose während des Arbeitsprozesses Vorsorge getroffen werden muß, Kunstleder erhalten, die sich auf Grund ihrer außerordentlich hohen mechanischen Festigkeiten insbesondere in Amerika vielseitigster Anwendung erfreuen.

Die Herstellung derartiger Massen selbst wird von den verschiedenen Fabriken auf verschiedenste Art und Weise vorgenommen. Es gibt Verfahren, bei denen der Latex in starker Verdünnung dem Cellulosebrei im Holländer zugesetzt und dortselbst durch Zusatz geeigneter Koagulatoren auf der Faser niedergeschlagen wird. Der Latex-Cellulosebrei wird dann auf den in der Papierindustrie üblichen Maschinen abgeschöpft und zu Blättern geformt, getrocknet, gegebenenfalls genarbt und vulkanisiert. Wenn man sich die feine Aufteilung der Cellulosefaser im Papierbrei vergegenwärtigt und gleichzeitig die starke Verdünnung (bis zu 2% Kautschukgehalt) bedenkt, so leuchtet es ohne weiteres ein, daß bei einer derartigen Verarbeitung besondere Vorsorge für eine weitestgehende Kolloidalisierung der angewandten Mischungszusätze getroffen werden muß, wenn nicht unhomogene Produkte entstehen sollen.

Ein anderes Verfahren, das insbesondere seit der Auffindung hinreichend stark wirkender Benetzungsmittel zunehmend an Interesse gewinnt, ist die Herstellung loser Papier- oder Faserfilze und Imprägnierung derselben mit geeigneten Latexmischungen.⁴⁰ Nach erfolgter Trocknung lassen sich diese ohne Schwierigkeiten durch Druck komprimieren und gegebenenfalls gleichzeitig vulkanisieren. In manchen Fällen wird die imprägnierte Filzmasse schon im nassen Zustand komprimiert, um das überschüssige Wasser zu entfernen. Bei einem derartigen Verfahren muß aber absolute Gewähr dafür vorhanden sein, daß der Kautschuk in seiner Gesamtheit auf der Faser niedergeschlagen ist, bevor die Druckwirkung einsetzt, da sonst beim Auspressen des Wassers nicht nur Kautschuksubstanz mit verloren ginge, sondern es besteht die große Gefahr, daß der bis dahin noch nicht verankerte Kautschuk an die Ober-

⁴⁰ Morris, V. N., und Greenup, H. W., loc. cit.

fläche des Produktes gepreßt wird und sich hier absetzt, so daß Produkte ungleichmäßiger Beschaffenheit und mit nicht zufriedenstellenden Eigenschaften resultieren.

Außer Cellulose in der verschiedensten Art, wie beispielsweise Alpha-Cellulose, Natronzellstoff, Holzfaserstoffe u. dgl., finden insbesondere zur Herstellung unzerreißbaren Papieres oder Kunstlederunterlagen die verschiedensten pflanzlichen Fasern, wie z. B. die des japanischen Maulbeerbaumes, Anwendung. Auch sogenannte Baumwoll-Linters werden vielfach für billigere Kunstlederarten unter Verwendung von Latex angewandt.

Ein kürzlich in Deutschland bekanntgewordenes Verfahren schützt die Imprägnierung und Verklebung von Baumwoll- u. dgl. Fliesen, bei denen die einzelnen Fasern parallel zueinander gerichtet sind, mittels Latexmischungen. Durch Übereinanderlegen derartiger Schichten, wobei zweckmäßig die Faserrichtung der einen Lage im rechten Winkel zu der der nächsten liegen soll, lassen sich Produkte von erstaunlicher Festigkeit erzielen. Das Material, das unter dem Namen »Fibroskin«⁴¹ bekanntgeworden ist, läßt sich gut narben u. dgl. und dürfte bei zweckmäßiger Auswertung eine sehr interessante Kunstledermasse darstellen.

Ein weiteres und gerade in letzter Zeit zunehmend an Interesse gewinnendes Material ist Leder in der verschiedensten Form seiner Abfälle. Je nach der Art der Abfälle sind auch die Verarbeitungsmethoden zu Kunstleder oder kunstlederartigen Massen in Kombination mit Latex verschieden. So werden beispielsweise nach einem der bekanntesten Verfahren⁴² Chromlederabfälle, wie sie in Form von Falzspänen vorliegen oder Abfallschnitzel von Lohleder, hierfür verwandt. Die Abfälle werden, nachdem sie zweckmäßig durch Behandlung mit Alkalien entsäuert worden sind, mit einer Latexmischung im Rührwerk gründlich getränkt, dann auf Horsten ausgebreitet und getrocknet. Durch die Trocknung überziehen sich die Fasern mit einer dünnen Kautschukschicht. Diese gummierten Lederabfälle werden nun auf ein übliches Kautschukwalzwerk verbracht und hier bis zur Erzielung eines glatt laufenden Felles gewalzt. In diesem Zustand können, falls erwünscht, noch weitere Zusätze in üblicher Weise eingewalzt werden, sofern die Tränkung nicht bereits mit einer die erwünschten Füllstoffe enthaltenden Mischung vorgenommen wurde. Für alle Fälle empfiehlt es sich, den Beschleuniger erst im plastischen Zustand zuzusetzen, um ein »Anbrennen« der Mischung während der Plastizierung zu vermeiden. Die Felle werden nun auf Kalandern zu Platten beliebiger Stärke ausgezogen oder in Pressen zu Platten o. dgl. geformt und vulkanisiert. Diese Produkte eignen sich hervorragend zu Sohlenmaterial sowie für Belagstoffe (siehe weiter unten).

Die Art der Verarbeitung soll verursachen, daß die Lederfaser während des Walzprozesses nicht restlos zerstört wird, da der umgebende Kautschukfilm während der Aufteilung der Lederschnitzel sich sofort zwischen die aufgespaltenen Faserbündel drängt und hier gewissermaßen

⁴¹ Hauser, E. A., Kautschuk 8 (1932) S. 158

⁴² F. P. 742 295/33

als Schutzschicht wirkt. Außerdem soll er das während der Verwalzung noch verdampfende an der Faser zurückgehaltene Wasser sofort ersetzen und hierdurch die Verringerung der mechanischen Faserfestigkeit verhindern. (Bekanntlich verlieren scharf getrocknete Lederfasern ihre Zugfestigkeit und verwandeln sich in leicht pulverisierbare Ledermasse.)

Versuche haben gezeigt, daß die Vulkanisation derartiger Massen insolange auf Schwierigkeiten stößt, als nicht die im Leder enthaltenen Feuchtigkeitsreste entfernt oder die noch gelösten Gerbextrakte durch Trocknen in eine unlösliche Form übergeführt werden. Es wird daher bei der Durchführung dieses Verfahrens empfohlen, die Walzung der Masse bei Temperaturen von etwas über 100° C vorzunehmen, wodurch auch der Kautschuk in einen für die Durchführung besonders weichen, zähflüssigen Zustand übergeführt wird.

Andere Verfahren wenden von vornherein feinst zerkleinerte Lederabfälle an, die sie nach entsprechender Vorbehandlung (z. B. Karbonisieren) mit Latex vermischen und entwässern.⁴³

Derartige, meist nur in verhältnismäßig dünnen Schichten vorliegende Lederersatzmassen finden vornehmlich in der Schuhindustrie als Einlagen u. dgl. sowie zum Bekleben von verschiedenen Gegenständen zwecks Imitation eines Lederüberzuges Anwendung.⁴⁴

Bei anderen Verfahren wird ebenfalls das Ledermehl mit geeigneten Latexmischungen bis zu plastischer Pastenkonsistenz vermischt und dann in geeignete Formen verbracht und unter Preßdruck von dem überschüssigen Wasser befreit. Ob eine Vulkanisation im gummithechnischen Sinne, d. h. die Beimengung von Schwefel und Erhitzung der getrockneten Masse erforderlich ist oder nicht, kann heute noch nicht einwandfrei entschieden werden, da Ergebnisse der neueren Zeit die Vermutung nahelegen, daß der in den meisten Lederabfällen an sich analytisch nachweisbare Schwefelgehalt in Kombination mit den zweckmäßig dem Latex zugesetzten Ultrabeschleunigern eine allmähliche Selbstvulkanisation (Reifung) bewirkt, die schon nach kurzer Lagerzeit zu Produkten hervorragender Beständigkeit führt. Besonders günstig scheinen sich diese »Reifprozesse« auf den Abrieb und die Biegefestigkeit dieser Produkte auszuwirken. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß auf diese Art und Weise eine völlig einheitliche Vulkanisation des Kautschukbindemittels durch die gesamte Masse erfolgt, ebenso wie die Konzentration an Bindemittel durch die gesamte Masse gleichmäßig ist. Wendet man hingegen eine Heißvulkanisation unter Anwendung von Preßdruck an, so wird trotz der geringen Fließeigenschaft des Latexkautschuks rein mechanisch eine Erhöhung der Kautschukkonzentration an den Oberflächen bzw. leicht eine Übervulkanisation dortselbst erfolgen, die den oben genannten Eigenschaften nachteilig ist.

Ein weiteres Verfahren⁴⁵ beruht vor allem auf einer besonderen Me-

⁴³ A. P. 1 719 802; 1 777 831 bis 1 777 839; 1 827 356

⁴⁴ Als für diese Gruppe typisch kann das unter dem Namen »Salpa« bekannte Produkt genannt werden.

⁴⁵ Patent angemeldet.

thode der Zerkleinerung von Lederabfällen. Gemäß diesem Verfahren werden die Lederabfälle zusammen mit alkalischem Mahlwasser in einer besonderen Mühle aufgeschlossen, wobei die einzelne Lederfaser an sich nicht zerstört, sondern lediglich angefranst wird. Je nach Einstellung der Mühle ist es nun möglich, die Auffaserung mehr oder minder weit zu treiben, und somit zu einem Endprodukt zu gelangen, das feinste Einzel Fasern von oft 2 bis 3 cm Länge aufweist, bis zu Fasern, die schon annähernd in mikroskopische Dimensionen hineinreichen. Die gleichzeitig mit der mechanischen Aufschließung vor sich gehende chemische Behandlung bewirkt das Herauslösen der natürlichen Kittsubstanzen und Verwandlung derselben in eine schleimige, gewissermaßen als Schutzkolloid für die aufgeteilte Ledermasse dienende Substanz. Es resultiert ein Faserbrei, der bei hinreichender Konsistenz ausgesprochen plastische Eigenschaften aufweist. Für diesen Faserbrei und für die weitere Verarbeitung desselben grundlegend ist eine Erscheinung, die dieses Material von sämtlichen anderen Lederdispersionen grundsätzlich unterscheidet. Der Faserbrei wird nach der Entnahme aus der Mahlvorrichtung zweckmäßig mit einem Desinfizienten versetzt und dann durch leichte Pressung von dem Hauptteil der Wassermenge befreit, so daß ein plastischer Kuchen von ungefähr 70 bis 80% Wassergehalt zurückbleibt. Wird dieser Kuchen neuerlich mit Wasser digeriert, so bildet sich nicht, wie sonst bei derartigen Dispersionen üblich, eine Suspension von Leder in Wasser, sondern es resultiert sofort wieder ein kolloider, viskoser, schleimiger Brei, in dem die Ledermasse wieder in homogenster an der mikroskopischen Grenze liegenden Verteilung vorliegt.

Wenn es sich um die Verarbeitung von schon länger gelagerten Preßkuchen handelt, so empfiehlt es sich, dieselben erst mit warmem Wasser zu digerieren und abermals abzupressen, bevor man den eigentlichen Brei herstellt, um etwa während der Lagerung freigewordene Säure wieder zu entfernen. Setzt man nun diesem Brei eine Latexmischung zu und fügt nach homogener Verteilung derselben eine auf den Kautschuk agglomerierend wirkende Substanz bei, z. B. Alaun oder setzt bereits voragglomerierten Latex dem Lederfaserbrei zu, so tritt nach gründlicher Durchmischung eine Klärung des Wassers ein, die besagt, daß die gesamte Kautschukmasse auf der Faser niedergeschlagen ist. Dieser resultierende Brei bleibt trotz der erfolgten Niederschlagung des Kautschuks leicht durchmischbar — ebenfalls ein wesentliches Charakteristikum dieses Verfahrens —, da hier die vorerwähnten Schleimstoffe nunmehr ihre Schutzwirkung voll entfalten können. Die so erzielte schleimige plastische Masse wird nun auf geeigneten Maschinen, insbesondere solchen, wie sie in der Papier- oder Pappenindustrie üblich sind (Papiermaschinen, Rund- oder Langsiebmaschinen), abgeschöpft und auf diesen weitgehend entwässert. Man kann die Entwässerung naturgemäß auch in Siebpressen vornehmen. Nach erfolgter mechanischer Entwässerung empfiehlt es sich, die Platten mehrere Tage in gut ventilierte Räume mit mäßiger Temperatur (äußerst 50° C) zwecks weiterer Verdampfung des in ihnen noch enthaltenen Rest Wassers zu verbringen. Dann werden

die Platten zwecks Erhöhung ihrer Dichte kalt gepreßt. Selbstverständlich kann man auch hier eine Warmpressung mit gleichzeitiger Vulkanisation kombinieren, doch weisen so hergestellte Produkte die bereits erwähnten nachteiligen Eigenschaften auf. Unter Anwendung kalter Pressen mit polierten Preßoberflächen oder durch Einlegen von Zinkblechfolien gelangt man zu Platten mit völlig glatter Oberfläche, deren Biegefestigkeit und insbesondere Abrieb erstaunliche Werte liefert. Eine gesonderte Vulkanisation erübrigt sich, wenn man der Latexmischung entsprechende Ultrabeschleuniger (nicht wasserlösliche) zugesetzt hat.

Das Material eignet sich, da es auch ohne weiteres schärf- und spaltbar sowie nähbar ist, für Sohlenmaterial sowie für Belagsmaterial, ferner zur Herstellung von Kofferplatten und vielen anderen Verwendungszwecken.

Aus den gemachten Ausführungen ersieht man, daß die Verarbeitung von Latex zum Zwecke der Herstellung von Kunstleder oder kunstlederartigen Massen eines der heute aussichtsreichsten und auch technisch vervollkommensten Gebiete darstellt. Auf Grund langjähriger Erfahrung sind wir berechtigt, auch hier den Standpunkt zu vertreten, daß, obgleich wir auch auf diesem Gebiete noch verhältnismäßig in den Anfängen stehen, unsere stetig zunehmende Erfahrung in der Verarbeitung von Latex, sowie der sich in Lederfasergemischen abspielenden Reaktionen, zu einer noch erheblichen Verbesserung der bisherigen Methoden und Produkte führen wird.

Auch Jutefasern werden mit geeigneten Mischungen imprägniert und nach erfolgter Trocknung zu Platten u. dgl. gepreßt und vulkanisiert. Die hierbei an der Oberfläche sichtbaren einzelnen Jutefasern, die, falls erwünscht, vor der Verarbeitung mit den verschiedensten Farben angefärbt werden können, verleihen dem Produkt eine eigenartige ein- oder mehrfarbige gemaserte Oberfläche von sehr ansprechender Zeichnung. Eine geeignete Mischung hierfür setzt sich ungefähr wie folgt zusammen:

- 165 Latexkonzentrat (60proz.), z. B. Jatex
- 1 Beschleuniger Lat. 2
- 2,5 Schwefel
- 2,0 Zinkoxyd
- 2,0 Agerite white
- 5 Wasser
- 10 Farbe je nach Wunsch

Diese Mischung, die man als Grundmischung zu bezeichnen hätte, wird dann je nach dem erwünschten Kautschukgehalt mit Wasser verdünnt, mit der entsprechenden Jutemenge vermischt, wobei zweckmäßig dem für die Verdünnung bestimmten Wasser 1% (auf Kautschuksubstanz berechnet) Igepon T oder Sulphonated Lorol, oder ein sonst geeignetes Benetzungsmittel zugesetzt wird.

Kunstvelour

Da der Spezialabschnitt »Kunstvelour« (Seite 783) die Verarbeitung von Latex sowie die hierfür zweckmäßigsten Apparaturen und Mischun-

gen bereits eingehend erörtert, erübrigt sich an dieser Stelle ein abermaliges Eingehen auf die Verarbeitung von Latex zum Zwecke der Herstellung von Kunstvelour.

Kautschukpflaster

Bezüglich der Herstellung medizinischer Kautschukpflaster ist in dem Spezialabschnitt Seite 791 bereits ausführlich berichtet worden. Die Verwendung von Latex für diesen Zweck ist an sich ohne irgendwelche Abänderung der heute bereits angewandten Apparaturen möglich, handelt es sich doch in der Hauptzahl der Fälle um Streichvorgänge. Eine Schwierigkeit bietet hier lediglich die an sich mangelnde Klebkraft des aus Latex gewonnenen Kautschuks, die nur durch Zusatz von die Klebrigkeit steigernden Substanzen überbrückt werden kann. Da man bei der üblichen Verarbeitungsmethode sich ohnehin zumeist der Beimischung geeigneter klebender Harzkombinationen bedient, muß man bei der Verarbeitung von Latex lediglich dafür Sorge tragen, daß diese Harzkompositionen in Form von Suspensionen oder Emulsionen vorliegen, oder daß man sie im Schmelzfluß in der Streichmasse direkt emulgieren kann.⁴⁶ Die Herstellung von mit sogenanntem »Englischen Pflaster« vergleichbaren Produkten ist schon seit einiger Zeit durch Anwendung von Latex-Gelatinemischungen in Vorschlag gebracht worden.

Rückgewinnung

Über die Rückgewinnung von Lösungsmitteln kann im Zusammenhang mit der direkten Latexverarbeitung naturgemäß nichts Zusätzliches gesagt werden, da ja als einer der Hauptvorteile der Latexverarbeitung immer wieder die Vermeidung flüchtiger, organischer Lösungsmittel hervorgehoben wird. Rückgewinnungsanlagen haben somit in einem ausschließlich auf Latexverarbeitung eingestellten Betrieb keine Verwendung.

Spielbälle und ähnliche Hohlkörper

Die Herstellung von Spielbällen wie überhaupt Hohlkörpern verschiedenster Art, wie beispielsweise Hupenbälle, Ohrenspritzen, Milchzieher-, Eierbälle, Gebläse, Duschen, Zahnspritzen, Birnspritzen u. dgl., durch direkte Verarbeitung von Latex ist der allerjüngsten Zeit vorbehalten geblieben.

Die Herstellung dieser Gummiwaren beruht ebenfalls auf der Verarbeitung stark sensibilisierter Latexmischungen in Zusammenhang mit einer geradezu genialen Umsetzung dieses Phänomens in die Praxis unter Verwendung geeigneten Formmaterials.⁴⁷ Es ist nicht Sache dieser Ausführungen, die Fragen patentrechtlicher Prioritäten bzw. patentrechtlicher

⁴⁶ Man kann die Harze auch in Benzin oder dergl. aufschmelzen und diese Lösung im Latex emulgieren, sofern die Menge des Lösungsmittels nicht zu groß ist (Koagulationsgefahr) und man im Latex geeignete Emulgatoren vorgesehen hat (z. B. Nekal, Emulfor und dergl.).

⁴⁷ E. P. 391 511/1933; 391 853/1933; 391 868/1933; 392 497/1933; 409 311/1934

Unterschiede zwischen den einzelnen sich allerdings nur dem Inhalt ihrer Beschreibungen nach vielleicht sehr ähnelnden Verfahren auf dem Gebiete der Herstellung sensibilisierter Latices zu erörtern⁴⁸, sondern der Zweck dieser Ausführungen ist lediglich, wie in der Einleitung erwähnt, all denen einen Leitfaden der Verarbeitungsmöglichkeiten von Latex zu geben, die hierfür besonderes Interesse haben.

Durch Einführung besonders stark sensibilisierter Latexmischungen von beispielsweise folgender Zusammensetzung:

- 1300 Revertex
- 150 Zinkcarbonat
- 30 Schwefel
- 10 Vulcafor Z. D. C.
- 415 Ammoniakwasser (5proz.)
- 230 Ammonnitratlösung (30proz.),

in zweiteilige, aber nach Verschuß allseitig geschlossene, aus Leichtmetall hergestellte Formen, die in heißem Wasser oder Dampf in einer geeigneten Apparatur gleichzeitig um zwei Achsen rotiert werden (Abb. 1025), gelang es zum ersten Male in der Geschichte der Kautschukindustrie völlig nahtlose Hohlballen zu erzielen. Hierbei ist bemerkenswert, daß die Rotation um die Ballachse selbst nicht gleichmäßig vor sich gehen muß, sondern man erhält durch ruckweise Rotation um diese Achse bessere Produkte. Ein weiterer wesentlicher und überraschender Effekt des Verfahrens beruht darauf, daß man einen wie auch sonst üblichen Pfropfen aus mastizierter nicht vulkanisierbarer Rohkautschukmischung in die Latexfüllung vor Verschuß der Formen einlegen kann, in der er infolge seines spezifischen Gewichtes schwimmt (Abb. 1026a). Während der Rotation setzt sich nun dieser Pfropfen an der an der Wand erstarrenden Latexmischung fest und bildet somit für das fertige Produkt ein Aufblasventil, analog wie es bei der üblichen Fabrikation zur Anwendung gelangt (Abb. 1026b). Durch Einbringung vorbestimmter Mengen der sensibilisierten Latexmischung in die Form ist es bei gleichbleibender Form und Dimension möglich, beliebige und im voraus genau bestimmbare Wandstärken des fertigen Hohlkörpers festzulegen. Der sensibilisierte Latex erstarrt nach Erzielung einer ebenfalls festlegbaren Temperatur spontan an den Wandungen des Hohlkörpers, während das bei dieser Temperatur in Freiheit gesetzte Ammoniakgas in das Innere des gebildeten Hohlkörpers entweicht und hierdurch den Innendruck des gebildeten nassen plastischen Hohlballes erhöht. Der nasse plastische, völlig nahtlose Ball wird der Form entnommen und zwecks Entfernung der für die Erstarrung dienlichen Substanzen gründlich gewässert. Das Erstarrungsprodukt selbst weist mikroporöse Struktur auf, d. h., daß das in der Ausgangsmischung enthaltene Wasser nicht, wie bei normalen Koagulaten bekannt, ausgepreßt wird, sondern es verbleibt einheitlich in der gesamten erstarrten Masse verteilt. Nach hinreichender Wässerung werden die Bälle einer vorsichtigen Trocknung unterworfen, da allzu starke

⁴⁸ Siehe diesbezügl. z. B. James, R. G., T.I.R.I. 9 (1932) S. 42

Wärme sowohl eine unerwünschte Oberflächentrocknung verursachen würde, außerdem aber die Ausdehnung des im Innern des Balles enthaltenen Gases leicht zu Deformationen des Hohlkörpers führen könnte.

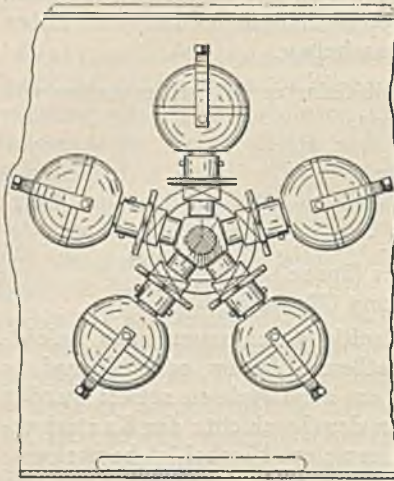


Abb. 1025. Herstellung nahtloser Hohlkugeln

Durch diese vorsichtige Trocknung wird bewirkt, daß die im Innern noch enthaltene Feuchtigkeit nach außen verdampfen kann, bevor die Oberfläche durch fortschreitende Trocknung von der mikroporösen zur völlig kompakten und gasdichten Struktur übergeht.

Der getrocknete Rohball kann nun entweder durch entsprechende Lagerung bei etwas erhöhter Temperatur (60 bis 70° C), dank der Eigenschaft von Latexmischungen, bei Anwesenheit von geeigneten Ultrabeschleunigern rasch zu vulkanisieren, ohne weitere maschinelle Vorrichtungen ausvulkanisiert werden. Man kann dies aber auch durch Anwendung der üblichen Ballvulkanisationsformen oder -pressen beschleunigen.

Nach erfolgter Vulkanisation wird der Ball in der gleichen Weise, wie in dem Spezialabschnitt (Seite 847) ausführlich dargestellt, mittels Preßluft auf seine richtige Dimension und auf den richtigen Druck aufgeblasen, um dann noch emailliert oder bemalt zu werden. Die sonst üb-

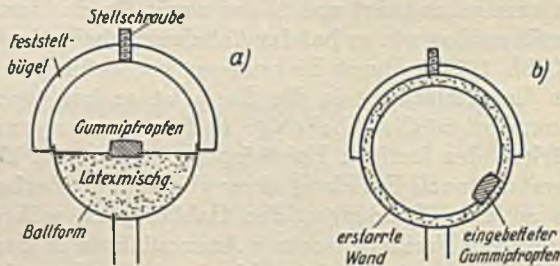


Abb. 1026. Anlagerung des Aufblaseventils

liche Einbringung von Treibmitteln oder die Verwendung von mit Preßluft arbeitenden Spezialmaschinen bei der Formung des »Rohlings« ist hier überflüssig.

Die Bemalung unter Anwendung von sogenannten Gummi-Emaillen bietet keinerlei Schwierigkeiten. Hingegen gilt für die Bemalung mit Öl- oder Nitrocelluloselacken die bereits mehrfach erörterte Schwierigkeit, die auch hier ihre Ursache in dem nur sehr schwer zu entfernenden letzten Resten von Feuchtigkeit hat.

Die nach diesem Verfahren hergestellten Bälle weisen eine bemerkenswerte hohe Lebensdauer und Kerbzähigkeit auf, die ihre Begründung in dem zu ihrer Herstellung angewandten weder mechanisch noch chemisch angegriffenen Kautschuk finden. Das Verfahren ist aber insofern noch interessant, als die plastische, den nassen Rohball bildende Masse nicht nur die Fähigkeit hat, durch allmähliche Trocknung proportional ihrem Wassergehalt zu schrumpfen, sondern auch eine erstaunliche Dehnbarkeit aufweist. Sticht man nämlich den nassen Rohball möglichst kurz nach seiner Entnahme aus der Form und noch vor erfolgter Wässerung (die Wässerung bedingt eine sehr ausgeprägte Verfestigung der plastischen Erstarrungsmasse und Überführung in einen

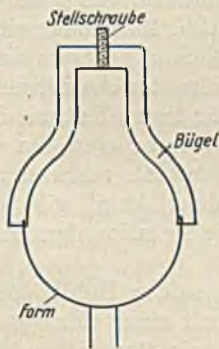


Abb. 1027. Hupenballform

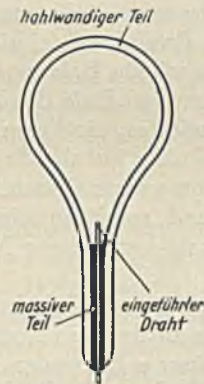


Abb. 1028. Ohrenspritze

schon mehr elastischen Zustand) durch den Ventilpfropfen mit einer Hohlneedle an und bläst Preßluft in den Hohlraum ein, so ist man in der Lage, je nach Wandstärke des nassen Rohballes, eine außerordentliche Volumvergrößerung zu erzielen. Als Beispiel, welche Ausmaße hier in Frage kommen, sei nur erwähnt, daß man beispielsweise, ausgehend von einem 8-Zoll-Rohball, Blasen von einem Durchmesser bis zu 70 Zoll ohne weiteres herstellen kann.⁴⁹ Dem Fachmann wird es ohne weiteres verständlich sein, daß hier die Möglichkeit gegeben ist, auf verhältnismäßig sehr einfache Weise Blasen für Wasserbälle u. dgl. zu erzeugen. Nach erfolgter Aufblasung wird durch ein Glasröhrchen o. dgl. Talkum in den Hohlkörper eingestäubt, um ein Zusammenkleben der nunmehr dünnen Haut zu verhindern. Die Luft wird aus dem Inneren ausgelassen und die Blase in warmer Luft vulkanisiert.

Wendet man an Stelle von Hohlkugeln Hohlformen mit entsprechenden Ansätzen an, so lassen sich auf die gleiche Weise z. B. Hupenbälle (Abb. 1027) erzeugen. Nach demselben Prinzip ist es aber auch möglich,

⁴⁹ Der Gedanke hat gewisse Analogie zu dem seinerzeit viel besprochenen »Emka«-Verfahren, wenn auch der Zweck und die Methode stark voneinander abweichen. Hauser, E. A., Gummi-Ztg. 41 (1927) S. 1162

jeden an sich nahtlosen geschlossenen Hohlkörper herzustellen, der durch Rotation für die Erzielung mehr oder weniger gleichmäßiger Wandstärken zugänglich ist. In allen Fällen ist es durch geeignete Auswahl der Mischungen sowie des in die Form eingefüllten Quantums möglich, nicht nur die Qualität des fertigen Produktes, sondern auch die jeweils erwünschte Wandstärke im voraus zu bestimmen, denn es ist selbstverständlich, daß man beispielsweise einen Milchzieherball aus einer erheblich strammeren Mischung herzustellen hat, wie einen üblichen Hupenball.

Bei sachgemäßer Handhabung des Verfahrens und bei eingehender Kenntnis des Chemismus der hier auftretenden Reaktionen und vor allem bei sachgemäßer Konstruktion der Gießformen, ist es auch ohne weitere technische Schwierigkeiten möglich, Körper herzustellen, die teils Hohlräume aufweisen, teils massive Struktur erfordern. Als Beispiel eines derartigen Produktes sei eine Ohrenspritze (Abb. 1028) oder ein Hupenball mit massivem Hals erwähnt. Um den länglichen Fortsatz der Ohrenspritze oder den Hals des Hupenballes in geeigneter Ausführung zu erhalten, genügt es, die Form vor der Rotation für kurze Zeit mit dem halsartigen Fortsatz auf die Erstarrungstemperatur zu bringen, um erst dann die Rotation vorzunehmen. Während die in dem Hals vorhandene Masse erstarrt, und somit zu einem massiven Produkt Anlaß gibt, wird die übrige flüssig verbliebene Masse erst durch die Rotation den Hohlkörper ausbilden.

Es bedeutet natürlich keine Schwierigkeit, solche Hohlkörper herzustellen, die an der einen oder anderen Stelle mit einer Öffnung versehen werden müssen. Entweder man entfernt nach erfolgter Bildung des nahtlosen Hohlkörpers die Stelle der erstarrten Masse, die sich über der vorgesehenen Öffnung gebildet hat, oder aber — sofern man den ja meist sehr geringfügigen Abfall auch noch vermeiden will — kann man, wenn auch nicht in allen Fällen, so doch in vielen, die Erstarrung an einzelnen Stellen dadurch vermeiden, daß man an diesen Stellen durch Einbringung geeigneter Isoliermassen verhindert, daß die Sensibilisierungstemperatur hier in demselben Moment auftritt wie an den übrigen Flächen.

Das Verfahren ist so einfach, daß sich weitere Detailausführungen wohl erübrigen, ebenso wie jeder, der auf dem Gebiete der Herstellung von Hohlkörpern bewandert ist, die Bedeutung, die diesem Verfahren für die künftige Entwicklung dieses Spezialgebietes zukommen dürfte, ohne weiteres einsehen wird.

Tennisbälle

Die Verwendung von Latex bei der Herstellung von Tennisbällen ist bereits in dem Spezialabschnitt »Tennisbälle« (Seite 863) sowie in dem vorangegangenen Abschnitt über die Verwendung von Latex bei der Herstellung von Spielbällen u. dgl. besprochen worden. Es ist somit heute nicht mehr als abwegig zu bezeichnen, wenn man behauptet, daß sowohl die Herstellung eines einwandfreien Rohballes als auch die schon seit langer Zeit von führenden Firmen ausgeübte Anwendung von Latex als Klebmasse für die Stoffsegmente durchaus im Bereich der Möglichkeit

liegt und vermutlich im Laufe der nächsten Jahre zunehmend an Bedeutung gewinnen wird, zumal die Herstellungsmethodik unter Verwendung von Latex sich nicht nur einfacher, sondern auch billiger gestalten müßte.

Golfbälle

Die Herstellung von Golfbällen ist in dem entsprechenden Spezialabschnitt (Seite 885) eingehend erörtert worden. Latex ist hierfür in größerem Maßstab noch nicht angewandt worden. Es liegt aber der Gedanke nahe, zwei der wesentlichen Bestandteile eines Golfballes unter Verwendung von Latex herzustellen. Es handelt sich hierbei erstens um das die heute zumeist pastöse Kernmasse einschließende Gummisäckchen, das nach dem Tauchverfahren (siehe weiter unten) leicht hergestellt werden könnte, und zweitens um die Herstellung des für die Kernumwicklung dienenden Gummibandes oder -fadens. Diesbezüglich sei auf die Besprechung der Gummifädenherstellung aus Latex verwiesen. Die Verwendung von Latex für die Umhüllungsmasse des Golfballes kommt ebensowenig in Frage wie die von reinem Rohkautschuk.

Hohlwandige Spielwaren

Unter Berücksichtigung der in den vorangegangenen Abschnitten gemachten Ausführungen dürfte es sich erübrigen, die dort erläuterten Methoden noch ausdrücklich auf dem Gebiete der Herstellung »hohlwandiger Spielwaren« zu exemplifizieren. Die Herstellung hohlwandiger Spielwaren direkt aus Latex ist, wie aus obigem ohne weiteres verständlich sein dürfte, nach genau denselben Prinzipien möglich, wie die Herstellung von Hohlkörpern aus Latex überhaupt. Auch hier hat die Verwertung des oben erörterten Verfahrens zweifellos ein Arbeitsfeld eröffnet, dessen Tragweite heute noch gar nicht zu übersehen ist. Das Verfahren ist gerade auf diesem Gebiet nicht durch seine Einfachheit, sondern vor allem durch die außerordentlich billige hierfür erforderliche Apparatur wohl das Bestechendste, was auf diesem Gebiete bisher geleistet worden ist.

Außer einer geeigneten Rotationsvorrichtung sind für die Herstellung hohlwandiger Spielzeuge keinerlei zusätzliche Apparaturen erforderlich, da, wie bereits mehrfach ausgeführt, die bei der Verarbeitung von Latex mangelnde Erweichung während der Vulkanisation die Anwendung komplizierter Preßformen und Vulkanisationsvorrichtungen restlos erübrigt. Die durch den Gießvorgang mit der sich daran anschließenden Erstarrung gebildete Rohform wird nach erfolgter Lufttrocknung ganz einfach in Heißluftschränken vulkanisiert, sofern man nicht mehrtägige Lagerung bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen vorzieht. Selbstverständlich ist es, daß man bei Verwendung von Heißluftvulkanisationsschränken oder Heißluftapparaturen dafür Sorge tragen muß, daß die in den nahtlosen Hohlkörpern enthaltene Luft entweichen kann, da sonst der erhöhte Druck Deformationen des noch nicht vulkanisierten Rohkörpers verursachen würde.

Lediglich der Vollständigkeit halber muß hier erwähnt werden, daß auch schon mehrfach andere Vorschläge zur Herstellung von Hohlkörpern

aus Latex gemacht worden sind. Diese Vorschläge beruhen zumeist auf der Anwendung poröser oder Wasser aufsaugender Formen oder solcher Formen, deren Innenfläche, die der Oberfläche des zu bildenden Hohlkörpers entspricht, mit geeigneten Koagulationsmitteln bestrichen, überzogen oder infiltriert sind. Die jeweils zu verwendende Latexmischung wird nun in diese Formen eingegossen und dortselbst eventuell durch Rotation an die aufsaugenden Wände geschleudert, oder aber die voll gefüllte Form wird eine Zeitlang in Ruhe belassen, bis die aufsaugende Fläche der Form oder die vorhandenen Koagulatoren die Ausbildung einer mehr oder minder dicken Wandschicht bedingt haben.

Selbstverständlich kann man — und dies ist auch von namhaften Gummifabrikanten bereits in Vorschlag gebracht worden — in derartige Hohlformen entsprechend schwach sensibilisierte Latexmischungen einbringen und diese Form von außen erhitzen. Auch in diesem Falle wird sich an den Wandungen der Form, infolge der dort zuerst auftretenden Wärmeübertragung, eine mehr oder minder dicke Schicht von verdickter bzw. koagulierter Latexmischung anlagern. Die überschüssige Latexmischung wird nach Ablauf der jeweils vorgesehenen Zeit ausgegossen, um für weitere Gießvorgänge wieder Anwendung zu finden. Die an den Innenwandungen der Formen zurückgebliebene Schicht wird nun durch Einblasen von Heißluft oder durch Einbringen der Form in einen Trockenschrank oder aber durch Eingießen hochkonzentrierter Elektrolytlösungen soweit entwässert bzw. getrocknet, daß sie ein zusammenhängendes Gefüge ergibt. Dann wird die Form geöffnet und der gebildete Hohlkörper entnommen.

Man ersieht hieraus, daß auch das Gebiet der hohlwandigen Spielwaren nicht mehr als ein für die Latexverarbeitung unerreichbares Ziel bezeichnet werden kann, im Gegenteil, daß wir auch hier, ebenso wie auf dem vorbesprochenen Gebiet, mit einer zunehmenden Anwendung von Latex zu rechnen haben werden.

Nahtlose Gummiwaren

Wenn man die historische Entwicklung der Gummi-Industrie an sich vorüberziehen läßt, wie sie ja in den verschiedensten Arbeiten und Monographien im Detail geschildert wird, so erscheint es verständlich, daß man bei der direkten Verarbeitung von Latex vor allem das Augenmerk auf die Herstellung nahtloser Gummiwaren durch Tauchen gerichtet hat. Schon die ersten authentischen Berichte über die Art und Weise, wie die Eingeborenen Süd-Amerikas aus den »Tränen des Holzes« (Caa-ochou) des als »Hevéé« bezeichneten Baumes (*Hevea bras. Müll. arg.*) die verschiedensten Gebrauchsgegenstände, wie Flaschen, Schuhe u. dgl. herstellten, konnte an der Entwicklung der direkten Latexverarbeitung nicht spurlos vorübergehen. Bekanntlich haben die Eingeborenen Brasiliens diese Gegenstände durch Eintauchen poröser Tonformen in Latex hergestellt, wobei sie zwischen den einzelnen Tauchungen die erzielten Schichten etwas antrocknen ließen. Nach Erzielung der jeweils erwünschten Schichtdicke und weitestgehender Trocknung wurde der Ton-

kern zertrümmert und aus der jeweiligen Öffnung (Flaschenhals, Schuhöffnung) entfernt.

Wenn auch nicht direkt zum Thema gehörend, darf hier darauf hingewiesen werden, daß diese Eingeborenen lange vor G o o d y e a r oder T h. H a n c o c k die Bedeutung des Schwefels, ja sogar der beschleunigenden Substanzen und gewisser verstärkend wirkender Substanzen erkannt zu haben scheinen, denn der nachweisliche Zusatz von Schwarzpulver mit seinem Gehalt an Schwefel, Salpeter und Ruß zu dem Latex wäre sonst nicht recht verständlich. Dies ist um so wahrscheinlicher, als wir aus den alten Überlieferungen, Schriften und Reisebeschreibungen wissen, daß die Eingeborenen diesen Zusatz machten, um nach erfolgter Trocknung ein Produkt zu erhalten, das widerstandsfähiger ist gegenüber den verschiedensten äußeren Einflüssen. Tatsächlich konnte bei der Analyse einer Anzahl Indianerschuhe, die nachweislich über 100 Jahre alt waren (aus brasilianischem Familienbesitz) das Vorliegen von gebundenem Schwefel bis zu 2% festgestellt werden. Die Eingeborenen hatten aber außerdem noch festgestellt, daß man die letzten Schichten kurz vor ihrer Trocknung durch Einpressen von Ornamenten u. dgl. verzieren kann, ohne daß diese Verzierungen im Laufe der Zeit wieder verschwinden, ein weiterer Beweis dafür, daß die angewandten Kautschukgegenstände eine irreversible Elastizität (Vulkanisation) aufwiesen.

Die ersten neuzeitlichen Ansätze zur Herstellung nahtloser Tauchartikel aus Latex lehnen sich daher weitestgehend an die Verfahren der Eingeborenen an, d. h. man versuchte durch Eintauchen poröser Formen oder solcher Formen, die aus Wasser aufsaugenden oder Wasser bindenden Materialien hergestellt waren, eine Ablagerung einer Kautschuk-schicht hinreichender Dicke an der Oberfläche der Form zu erzielen.⁵⁰

Mit fortschreitender Erkenntnis sind eine Unzahl von Vorschlägen bekanntgeworden, die im Prinzip auf denselben Gedanken hinauslaufen und den hierdurch erzielten Effekt lediglich durch zusätzliche Vorkehrungen zu verstärken suchten.⁵¹ So sind beispielsweise Verfahren bekanntgeworden, die Ablagerung einer Kautschukschicht durch poröse Formen dadurch zu beschleunigen, daß man diese Formen erst mit bekannten Koagulatoren trinkt, oder indem man die Poren mit gasförmigen Koagulantien belädt. Auch sind Vorschläge und Verfahren bekanntgeworden, die aufsaugende Wirkung poröser Formen dadurch zu erhöhen, daß man sie innen hohl ausbildet und an ein Vakuum anschließt.

Die Patenzahl dieses Gebietes ist Legion und es fällt heute selbst dem ausschließlich auf diesem Gebiete der direkten Latexverarbeitung tätigen Fachmann schwer, sich durch diesen Wust hindurchzufinden und die Gedanken herauszuschälen — sofern dies überhaupt noch möglich ist

⁵⁰ Siehe z. B. Ditmar, R., Chem. Ztg. 47 (1923) S. 661, dem wir auch sonst eine Anzahl der ersten wertvollen Anregungen zur Verwertung von Latex verdanken.

⁵¹ Siehe die eingangs erörterten Zusammenfassungen über die direkte Verarbeitung von Latex und die diesbezügl. Patente.

—, die die einzelnen Vorschläge patentrechtlich voneinander unterscheiden sollen.

All diese Verfahren haben jedoch gewisse Nachteile, sobald man vom Stadium versuchsweiser Herstellung von Tauchkörpern auf einen großtechnischen Betrieb übergeht. Sieht man von der verhältnismäßig großen Zerbrechlichkeit des Formmaterials ab, so ergibt sich im Großbetrieb sehr bald die Erfahrung, daß ihre Lebensdauer aus einem anderen Grunde eine sehr beschränkte ist. Bei der auf dem Wasserentzug aus dem Latex beruhenden Niederschlagung des Kautschuks an der Formoberfläche treten neben reinem Wasser auch alle in diesem gelöste Nichtkautschukbestandteile sowie die amikronischen Kautschukpartikelchen in die Poren ein, so daß je nach dem angewandten Latex mehr oder minder rasch eine Verringerung der Saugwirkung und schließlich restlose Verstopfung der Poren feststellbar ist. Versuche, derartig verstopfte Formen auf chemischem Wege oder durch Ausglühen wieder gebrauchsfähig zu machen, haben zu keinem positiven Ergebnis geführt, da einige der in dem Serum enthaltenen Substanzen sich nur zu stark klebenden Zersetzungsprodukten abbauen lassen, durch deren Anwesenheit die Verstopfung der Poren nur noch vollständiger wird.

Es ist daher begreiflich, daß man allmählich mehr und mehr von diesem Formmaterial abkam und den sich sonst bei der Herstellung nahtloser Gummiwaren üblichen Tauchformen zuwandte. Insbesondere kommen hier Formen aus Glas oder glasiertem Porzellan in Frage, da sich die sonst üblichen lackierten Holzformen hierfür weniger eignen. Dies beruht darauf, daß die Holzformen die bei der Herstellung nahtloser Tauchwaren aus Latex zweckmäßige Heißvulkanisation nicht sehr oft überstehen und daß die zumeist angewandten Lacke der Einwirkung des alkalischen Latex ebenfalls nicht genügenden Widerstand bieten können.

Wenn auch die Herstellung von nahtlosen Tauchwaren aus Latex unter Verwendung von Glas- oder Porzellanformen prinzipiell möglich ist⁵², so haben sich die Erwartungen vieler insofern nicht erfüllt, als die Anzahl der zur Erzielung einer bestimmten Schichtdicke erforderlichen Tauchungen trotz der erheblich höheren Kautschukkonzentration des angewandten Latex größer ist als bei der Verwendung der bisher üblichen niedrig konzentrierten Kautschuk-Benzinlösungen. Diese Erscheinung, so paradox sie auf den ersten Blick auch sein mag, findet ihre einfache Erklärung in der Tatsache, daß wir es bei der benzinösen Kautschuklösung mit einem Organosol hoher Adhäsionsfähigkeit an Glas- oder Porzellanflächen zu tun haben, dessen Viskosität, unbeschadet der niedrigen Konzentration an Kautschuk, ein Vielfaches der Viskosität des wäßrigen polydispersen Systems Latex darstellt, der gegenüber den erwähnten Materialien nur sehr geringe Adhäsionseigenschaften aufweist.

Der einzige richtige Schritt in der Entwicklung war daher logischerweise der Versuch, Latices mit höheren Konzentrationen, als sie das Naturprodukt aufweist, dieser Verarbeitungsmethodik zugänglich zu machen, mit anderen Worten, zur Herstellung nahtloser Tauchwaren die Latexkon-

⁵² D. R. P. 442 551/1927; E. P. 233 458/1924

zentrate zu verwenden. Hierbei zeigte sich vor allem, daß nicht jede beliebige Konzentrationserhöhung anwendbar ist, da die Viskosität der Latexkonzentrate bei einem Kautschukgehalt von über 60% einen plötzlichen Sprung macht und vom ausgesprochen flüssigen Zustand in das Gebiet pastöser Massen führt. Somit können für Tauchzwecke nur Konzentrate von rund 60% Kautschukgehalt in Frage kommen. Die Verwendung dieser Konzentrate, sei es, daß sie durch die Herstellungsmethodik bereits als solche gegeben sind oder daß man sie durch entsprechende Verdünnung höher konzentrierter Latices erzielt, führten auch schon zu erheblich besseren Ergebnissen, obwohl diese auch noch nicht restlos befriedigen konnten, da auch hier die mäßige Adhäsion nach erfolgter Tauchung nur allzu leicht ein Abrinnen bewirkt, wodurch Produkte mit ungleichmäßigen Wandstärken resultieren. Insbesondere gilt dies für die sogenannte »amerikanische« Tauchmethode, wie sie bei der Herstellung von Kinderballons, Reklameballons, Handschuhen und hygienischen Tauchartikeln Anwendung findet.

Die in Europa vornehmlich übliche Tauchmethode ist in dem Spezialabschnitt »Nahtlose Kautschukwaren« (Seite 953) eingehend beschrieben worden. Sie unterscheidet sich von der amerikanischen durch die Möglichkeit der Rotation der frisch getauchten Formen, wodurch bis zur erfolgten Verdampfung des Lösungsmittels bzw. des Wassers eine möglichst einheitliche Verteilung der verbleibenden Kautschukmasse erzielt wird. Nach dem amerikanischen Verfahren fällt diese Rotation weg; demzufolge wird eine leicht von der Form abfließende Flüssigkeit die Neigung haben, an den unteren Stellen der Tauchform sich tropfenförmig anzusammeln. Tatsächlich können wir an fast allen amerikanischen Tauchwaren, die aus Latex hergestellt werden, deutlich Verdickungen an den tiefsten Stellen des nahtlosen Gegenstandes nachweisen (Abb. 1029).

Eine weitere Schwierigkeit, die bei der Verarbeitung gewisser Latexkonzentrate viel zu schaffen gemacht hat, ist das Vorhandensein flüchtiger Konservierungsmittel, wie insbesondere Ammoniak. Bei der Abtrocknung der auf der Form während des Tauchprozesses haftengebliebenen Flüssigkeitsschicht tritt naturgemäß auch eine Konzentration des in dem Latex enthaltenen Ammoniaks ein, bis er sich infolge seiner verschiedenen Dampfspannung tröpfchenförmig über die gesamte Oberfläche zusammenzieht und hier des öfteren zur Ausbildung, dem gewöhnlichen Auge kaum sichtbarer mikroskopisch feiner, nadelstichartiger Löcher führt. Diesem Übelstand kann man dadurch begegnen, daß man vor der Vornahme der Tauchungen den Latex durch Durchblasen von Luft oder inerten Gasen des größten Teiles seines Ammoniakgehaltes beraubt. Dies bedingt aber wieder eine andere nicht zu unterschätzende Gefahr. Der Latex wird hierdurch wesentlich instabiler und verursacht im Tauchbade leicht eine an der Oberfläche störende Hautbildung, die eine ständige Quelle von nichtverwertbaren Abfällen darstellt.



Abb. 1029.
Amerik.
Tauch-
methode

Kürzlich ist es nun gelungen, Revertex, der an sich kein flüchtiges Konservierungsmittel enthält und durch geeignete Zusätze besonders stabil gemacht ist bzw. durch andere hinreichend stabilisierte Konzentrate, dadurch zu einem hervorragenden Tauchlatex zu gestalten, indem man ihn für die Dauer von etwa eine Stunde durch Einführung von trockenem Dampf auf Temperaturen von etwa 90 bis 95° C bringt. Der so behandelte Latex, der sich hierbei automatisch durch die erfolgende Dampfkondensation auf eine Konzentration von rund 60% einstellt, wird zur Abkühlung sich selbst überlassen. Zweckmäßig wird die Oberfläche mit Papier oder einem Tuch bedeckt, wodurch die Ausbildung einer nicht mehr löslichen ausgetrockneten Oberflächenschicht verhindert wird. Nach restloser Abkühlung wird das Papier mit der anhaftenden Schicht etwas höher konzentrierten Latex, die gleichzeitig die ganzen im Latex enthaltenen Luftblasen aufgenommen hat, abgezogen. (Diese Masse kann ohne weiteres wieder verdünnt und für die nächste Charge verwendet werden.)

Taucht man nun in so behandelten Latex, so wird man die nicht ohne weiteres zu erwartende Feststellung machen, daß dieses Produkt eine der Benzinlösung absolut vergleichbare Adhäsion an der Formoberfläche aufweist, mit dem wesentlichen Unterschied, daß die erheblich höhere Konzentration an Kautschuk hier zur vollen Geltung kommt. Man erhält, mit anderen Worten, schon nach einer Tauchung Schichtdicken, die bei Verwendung der üblichen Benzinlösungen nur nach mehrfachen Tauchungen erzielbar wären. Diese Masse läuft von der Form nicht ab und trocknet in ungefähr der Hälfte der Zeit, die bei Benzinlösungen erforderlich ist, um dann, falls erwünscht, eine zweite Tauchung zu gestatten.

Unter Verwendung dieses Materials zur Herstellung von chirurgischen Handschuhen genügt beispielsweise eine Tauchung, zur Herstellung von Haushaltshandschuhen eine bis zwei Tauchungen, und zur Herstellung von Handschuhen, wie sie für Arbeiter in der chemischen Industrie Verwendung finden, äußerst drei Tauchungen. Bei Reklameballons und hygienischen Artikeln muß zumeist die Konzentration dieses Latex noch verringert werden, da sonst schon bei einer Tauchung zu große Schichtdicken erzielt werden.

Es wird ohne weiteres einleuchten, daß man bei Verarbeitung von Mischungen, die beispielsweise Schwefel, Beschleuniger, Zinkoxyd und etwa sonstige Füllstoffe enthalten sollen, nur mit ausgesprochen kolloidalen Füllstoffen arbeiten sollte. Tut man dies nicht und hat des weiteren nicht für möglichst feine Verteilung durch entsprechende Maßnahmen Vorsorge getroffen, so besteht die große Gefahr, daß sich Füllstoffnester im getrockneten Film ausbilden, an deren Grenzfläche zum Kautschuk sehr leicht Risse oder Löcher auftreten.

Bei der Herstellung dünnwandiger Kautschukwaren hat sich aber die Nachbehandlung in sogenannten »Abtauchlösungen« besonders bewährt. Wir müssen hier zwischen zwei Methoden unterscheiden. Wenn wir den Schwefel und das zur Aktivierung des Beschleunigers erwünschte Zinkoxyd der Mischung bereits einverleibt haben, empfiehlt es sich, die Vul-

kanisation in einer wäßrigen Beschleunigerlösung vorzunehmen. Ein derartiges Vorgehen ist aus folgendem Beispiel ersichtlich:

Die Vulkanisation erfolgt beispielsweise in einer etwa 1proz. wäßrigen Lösung von Vulkazit 774 oder Lat. 2 bei 80 bis 90° C. Man kann sich aber auch folgender Lösung bedienen:

1000 Benzol
10 Vulkazit P
10 Vulkazit 774

Die Vulkanisation erfolgt nach Verdunstung des Lösungsmittels in Heißluft.

Wird aber auf hochtransparente Produkte Wert gelegt, so empfiehlt es sich, die Tauchung nur in reinem vorbehandeltem Latex vorzunehmen und die auf der Form getrocknete Schicht in einer benzolischen Lösung abzutauchen, die dadurch hergestellt wurde, daß man entsprechende Mengen von Schwefel, Zinkoxyd und Beschleuniger in Benzol aufgeschlämmt hat und nach mehrfachem Schütteln nach ungefähr 24 Stunden abfiltriert.

1000 Benzol
15 Vulkazit P
15 Vulkazit 774
20 Schwefel
10 Zinkoxyd (kolloidal)

Das Filtrat dient als Abtauchlösung. Die Tauchung soll je nach Dicke der Gummischicht 5 bis 120 Sekunden betragen.

Nach Verdampfung des Lösungsmittels werden die Gegenstände, falls erwünscht, noch auf übliche Weise gerändert und dann in heißer Luft oder heißem Wasser vulkanisiert.

In Fällen, in denen die Anwesenheit anderer Füllstoffe nicht schädlich oder gar erwünscht ist, hat man sich auch bereits eines als »Thixotropie« bekannten kolloidchemischen Phänomens bedient, das in letzter Zeit auf anderen Gebieten der Latexverarbeitung zunehmende Bedeutung gewinnt. Unter »Thixotropie« versteht man die einigen kolloiden Lösungen eigene Erscheinung, im Ruhestand gallertartig zu erstarren, durch Bewegung, wie Rühren oder Schütteln, sich aber spontan zu verflüssigen. Unter diese Substanzen, die diese Erscheinung in hohem Maße zeigen, gehören auch gewisse kolloidale Tone (Bentonit, Chinaclay). Setzt man nun kleine Mengen dieser Tone einer Latexmischung zu, so wird sie thixotrop. Taucht man in einen solchen Latex eine Form langsam ein, so wird die Masse an der Berührungsstelle der Form verflüssigt. Wenn man die Form einige Zeit in der Masse beläßt, und dann langsam aus ihr entfernt, so tritt die Verflüssigung nicht mehr direkt an der Formwand ein, sondern es verbleibt an ihr eine durch Adhäsion festhaftende Schicht, die sich beim Herausnehmen als

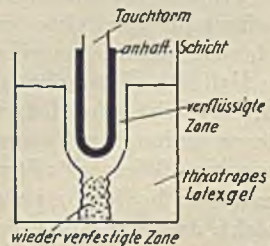


Abb. 1030. Thixotroper Latex

festen Gallerte dokumentiert und somit keinerlei Fließerscheinungen aufweist (Abb. 1030).

Im gewissen Sinne muß in diesem Zusammenhang auch die Verwendung sensibilisierter Latices erwähnt werden. Es sind Verfahren bekanntgeworden, nahtlose Gummiwaren, insbesondere solche mit dickerer Wandstärke, wie z. B. Tintenbeutel für Füllfedern, Tabaksbeutel, Badehauben u. dgl., in einer Tauchung zu gewinnen, indem man die auf entsprechende Temperatur erhitzten Tauchkörper für bestimmte Zeit in den sensibilisierten Latex eintaucht. Die hier auf der Tauchform angelagerte Schicht stark verdickten oder koagulierten Latex wird durch nachfolgende Trocknung und Vulkanisation verfestigt und kann dann von der Form abgezogen werden.

Bezüglich der Abnahme der mit Latex hergestellten nahtlosen Gummiwaren von den Formen, sei auf den Spezialabschnitt (Seite 953) verwiesen, da die dort angegebenen Methoden auch für Latex volle Gültigkeit haben. Das gleiche gilt für die vom Fachmann auf dem Gebiete der naht-

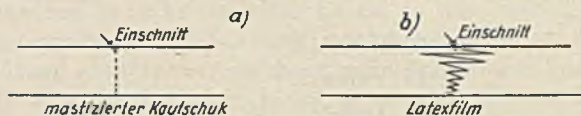


Abb. 1031. Kerbzähigkeit

losen Gummiwaren erprobten Einstaub- oder Pudermethoden. Was die Färbung latexgetauchter Gummiwaren anbelangt, so kann dieselbe durch Verwendung geeigneter Farbstoffe in der Mischung vorgenommen werden, doch kann man, wie auch sonst üblich, beispielsweise zur Herstellung transparenter, gefärbter Ballons sich der Diffusion in Benzin gelöster Anilinfarben bedienen. Man kann ebenso wie bei üblichen Tauchartikeln durch Abtauchen in mehr oder minder starken Kautschuklösungsmitteln bzw. Koagulationsmitteln die bekannten sowie neuartige Oberflächenschrumpfungseffekte erzielen, wie sie beispielsweise für chirurgische Handschuhe in Amerika sehr in Mode sind.

Daß die Einmischung von Aluminiumpulver u. dgl. zur Erzielung eines Silbereffektes bei Latexmischungen nicht angezeigt ist, dürfte ohne weiteres einleuchten, wenn man die alkalische Reaktion des Latex und die spontane Wasserstoffentwicklung berücksichtigt. Um derartige Effekte zu erzielen, bedient man sich am besten eines Kunstkniffes, der darin besteht, daß man nach der ersten Tauchung den Tauchkörper in eine Aufschlammung von Aluminiumpulver in Berlin abtaucht, und darauf eine zweite Latextauchung vornimmt. Als Abschluß kann man, falls erwünscht, nochmals in geeigneter Aufschlammung abtauchen.

Abschließend sei nur noch darauf hingewiesen, daß aus Latex hergestellte Tauchgegenstände sich von den aus Benzinlösung erzielten durch erheblich größere Strammheit und erstaunliche Kerbzähigkeit unterscheiden, wie dies aus folgender Abbildung vielleicht am besten erläutert werden kann (Abb. 1031a und 1031b). Die erwähnte Strammheit verleiht aber den Latexprodukten — und dies gilt nicht nur für Tauchwaren —

einen dem alten Gummifachmann und insbesondere -händler nicht üblichen Griff, der vielfach fälschlich dahin ausgelegt wird, daß die vorgelegte Ware als abgestanden oder abgelagert bezeichnet, ja oft sogar zurückgewiesen wird. Während in den meisten Fällen diese Erscheinung auf die Qualität sich natürlich nicht nachteilig auswirken kann — im Gegenteil, Latexprodukte weisen eine erheblich höhere Lebensdauer auf — wirkt sie sich bei gewissen Tauchartikeln dennoch nachteilig aus. Im besonderen gilt dies für Kinderballons, bei denen ein allzu strammer Film das Aufblasen außerordentlich erschwert und die Haltbarkeit dieser Ware, sofern sie sehr großen Temperaturschwankungen unterworfen wird, beeinträchtigen kann. Diesem Übelstand läßt sich aber ohne Schwierigkeiten dadurch abhelfen, daß man entweder der Mischung geeignete Erweicher, wie gut vermischbare Mineralöle u. dgl., zusetzt, oder



Abb. 1032. Spielzeug-Tauchfigur

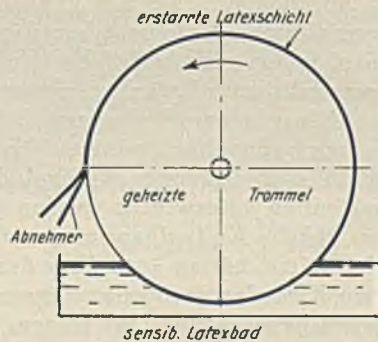


Abb. 1033. Endlose Plattenherstellung

indem man zwischen den beiden vorgesehenen Latextauchungen eine Abtauchung in einem geeigneten Mineralölbad vorsieht. Das Öl diffundiert dann in die bereits aufgetragene, als auch in die noch aufzutragende Schicht und verleiht dem fertigen Gegenstand einen angenehmen Griff und die für seine Verwendung zweckmäßige Geschmeidigkeit. Nach dem französischen Patent 749 033/33 soll man durch Behandlung von Latex mit Ozon einen Milchsafft erhalten, der nach erfolgter Koagulation oder Verdampfung des Dispersionsmittels einen außerordentlich weichen, die sonstigen Eigenschaften von Latexkautschuk beibehaltenden, Kautschuk ergibt. (Siehe auch D. R. P. 583 251).

Selbstverständlich kann man außer den vorerwähnten Gegenständen auch noch andere Waren im Tauchverfahren herstellen, wie beispielsweise Badeschuhe, Tabaksbeutel und gewisse Arten von Spielzeug (z. B. kleine mit kalt einvulkanisierten Quietschstimmen versehene Spielpuppen). Da die Herstellungsmethode dieser Gegenstände selbstverständlich mit den obigen Ausführungen nach jeder Richtung hin vergleichbar ist, erscheint eine eingehendere Beschreibung hier überflüssig (Abb. 1032).

Patentgummi und Gummikurzwaren

Daß die Herstellung von Patentgummi sowie Gummikurzwaren, soweit sie unter Verwendung von geschnittener Platte erzeugt werden, für die Verarbeitung von Latex nicht in Frage kommt, ist aus der Art der Patentgummiherstellung ohne weiteres verständlich. Hingegen erscheint es keineswegs ausgeschlossen, den Patentgummi und somit auch seine Verarbeitung auf dem Gebiete der Gummikurzwaren durch aus Latex gewonnene Filme zu ersetzen.

Die Herstellung dieser Filme, die auch mit Vorteil für andere Zwecke angewandt werden könnten, wie z. B. zur Erzeugung dünnwandiger Aufblasfiguren, ist auf verschiedene Art und Weise denkbar. Derartige Filme lassen sich durch Streichen geeigneter Latexmischungen auf endlosen Unterlagsbahnen erzielen, von denen sie endlos nach erfolgter Trocknung abgenommen werden können. Durch Anwendung sensibilisierter Latexmischungen können aber derartige dünne Filme auch hergestellt werden, indem man beispielsweise eine erhitzte rotierende Trommel in ein sensibilisiertes Latexbad eintauchen läßt und die auf ihr abgeschiedenen Filme dauernd abnimmt (Abb. 1033), wässert und trocknet. Es wäre auch denkbar, erhitzte Metallbänder durch ein Latexbad zu führen. Die so gewonnenen Filme, die selbstverständlich nur einer Heißvulkanisation unterworfen werden dürften, so daß die bei Patentgummiwaren übliche Kaltvulkanisation mit ihren nachteiligen Eigenschaften in Fortfall käme, hätten gegenüber dem Patentgummi, aber auch gegenüber der am Kalandar gezogenen dünnwandigen Platte den Vorteil, keinerlei Richtungsbevorzugung zu zeigen (Kalandereffekt) und würden sich außerdem von den vorerwähnten Produkten durch besonders hohe Kerbzähigkeit auszeichnen.

Die Vielseitigkeit unserer Industrie und die vielen für die direkte Verarbeitung von Latex noch offenen Probleme haben es wohl mit sich gebracht, daß dieses heute verhältnismäßig kleine Verarbeitungsgebiet von Rohkautschuk noch nicht in dem Ausmaße einer Bearbeitung zuteil geworden ist, wie andere Gebiete, so daß über eine laufende Herstellung derartiger Produkte von Rechts wegen noch nichts ausgesagt werden kann.

Bezüglich der Herstellung von dünnwandigen Aufblasfiguren aus Latex sei noch auf die Erörterung der Herstellung hohlwandiger Spielwaren (Seite 907) verwiesen, da sich hier interessante Möglichkeiten für eine weitere Entwicklung ergeben.

Gummischuhwerk

Die folgenden Ausführungen beziehen sich nicht auf die Herstellung einfacher Badeschuhe u. dgl. unter Anwendung von Latex durch Tauchung oder durch Koagulation an Formoberflächen, sondern sollen den Stand der Technik bezüglich der direkten Verarbeitung von Latex zu Gummischuhwerk analog zu dem in dem Spezialabschnitt (Seite 991) beschriebenen Verfahren erläutern.

Auch hier hat die sachgemäße Anwendung sensibilisierter Latexmischungen das Eis gebrochen. Gemäß derartiger Verfahren werden Schuhe direkt aus Latex im Prinzip dadurch gewonnen, daß man eine stark sensibilisierte Latexmischung in zumeist dreiteilige Metallformen einbringt. Diese Formen setzen sich aus einer äußeren Schale, der Sohlenplatte und dem Kernstück zusammen (Abb. 1034). Der zwischen Kern einerseits und der äußeren Schale sowie der Sohlenplatte andererseits verbleibende Zwischenraum ergibt die Wandstärke der nach erfolgter Verfestigung verbleibenden nassen, aber bereits hinreichend zusammenhaltenden Kautschukmasse. Der hauptsächliche Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß man durch Wahl geeigneter Gießformen bzw. entsprechender Gravur der Außenschale und der Sohlenplatte Schuhwerk mit beliebigen Oberflächendessins oder Sohlenmustern her-

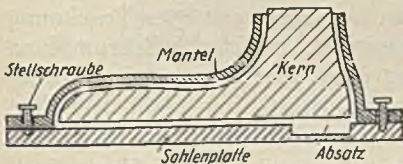


Abb. 1034. Schuhform



Abb. 1035. Schnitt durch einen nahtlosen KAY-Badeschuh mit Absatz

stellen kann, ohne daß man, wie beispielsweise beim Tauchverfahren, den Schuh wenden müßte, da ja hier nur auf der Tauchform angebrachte Dessins sich im Gummi wiedergeben ließen. Gerade aber der Umstand, daß ein Wenden überflüssig ist, gestattet noch eine erheblich weitere Ausgestaltung dieses Verfahrens, da man von der Konfiguration des Kernes ganz unabhängig, in der Lage ist, nahtlose Schuhe herzustellen, deren Wandstärke keineswegs gleich sein muß, sondern bei denen man die Wandstärke beliebig variieren kann.

So ist es nun ohne weiteres möglich, nahtlose Schuhe mit massiven Absätzen oder im Vergleich zum Oberteil stark verstärkten Sohlen u. dgl. herzustellen (Abb. 1035).

Das Verfahren gestattet aber auch noch, sich der Herstellung von Gummischuhwerk nach der alten Methode insofern anzunähern, daß man beispielsweise Sohlen und Absätze aus einer härteren Mischung herstellen kann als den Oberteil. Um dies zu erreichen, genügt es vorerst, eine entsprechende Mischung in die geschlossene Form einzubringen, so daß gerade der für die Sohlen und Absätze bestimmte Hohlraum ausgefüllt wird, diese Mischung, sei es nun durch Temperaturerhöhung oder aber bei Verwendung der in der Kälte erstarrenden Mischungen, nach vorbestimmbarer Zeit zur Verfestigung zu bringen. Kurz vor der Verfestigung wird die für den Oberteil bestimmte Menge eingegossen und ebenfalls zur Erstarrung gebracht. Dann wird die Form geöffnet und die plastische, den Kern umgebende Kautschukmasse zweckmäßig unter Wasser abgestreift und gründlich gewässert und dann auf Holzleisten

entsprechender Größe aufgezogen, getrocknet und vulkanisiert. Die Schuhe können selbstverständlich auch noch durch Bemalung unter Verwendung von Gummiemalle oder -lacken auf ihrer Oberfläche beliebig verziert werden.

Es wurde bereits erwähnt, daß die nach diesem Verfahren erzielten Erstarrungsmassen ausgesprochen plastisch sind und daher im frischen Zustand weitgehende Verformung zulassen, ebenso wie festgestellt wurde, daß sie bei Vornahme der Trocknung eine Schrumpfung, die mit dem Wassergehalt der ursprünglichen Mischung zusammenhängt, erleiden. Wenn man diese beiden Phänomene technisch mit Vorteil auswertet, so ergibt sich hier die interessante Möglichkeit, unter Verwendung einer einzigen Gießform bestimmter Größe, sei es nun durch Aufschrumpfenlassen auf verschieden große Holzleisten, Schuhe in abfallenden Schuhgrößen herzustellen oder aber durch Aufziehen der plastischen Erstarrungsmasse auf größere Leisten auch Schuhe mit aufsteigenden Schuhgrößen herzustellen. In allen Fällen liegt nach erfolgter Trocknung eine kompakte dichte Kautschukmasse vor, da sich die Schrumpfung bzw. Dehnung nur in einer Verstärkung oder Verringerung der Wandstärke ausdrückt, die anfängliche Mikroporosität aber in allen Fällen verschwindet.

Die Ausgestaltung dieses Verfahrens hat aber nicht nur die Herstellung von Badeschuhen und Strandschuhen mit oder ohne Absatz gestattet, sondern auch die Herstellung von Galoschen, ja selbst von hohen Damentiefeln (Wellington) und sogenannten Arbeitstiefeln (farm boots) ist ohne weiteres möglich.

Die besseren Schuhe müssen auch hier selbstverständlich mit einem Innenfutter versehen werden. Dieses kann entweder nach erfolgter Fertigstellung des Schuhs von Hand aus unter Anwendung geeigneter Klebelösungen in den Schuh eingeklebt werden. Es ist aber auch möglich, ein nahtlos gewirktes Futter auf das Kernstück aufzuziehen und nachdem es mit einer entsprechenden Klebmasse bestrichen wurde, die Kautschukmasse direkt auf dem Futter zur Erstarrung zu bringen, so daß wir dann einen in jeder Beziehung als nahtlos anzusprechenden Schuh vor uns haben. Gerade die Möglichkeit, nach diesem Verfahren ein wirklich nahtloses Gummischuhwerk herzustellen, ist von Bedeutung, wenn man sich nach dem Studium des Spezialabschnittes »Gummischuhe« darüber klar geworden ist, daß bei der Herstellung von Gummischuhwerk nach den üblichen Methoden der Klebearbeit der Hauptanteil bei der Herstellung zukommt.

Berücksichtigt man nochmals die außerordentlichen Vorteile, die der Gedanke des Gießens von Schuhwerk u. dgl. unter Anwendung von Formen mit Kernstück (Kokillenguß) aufweist, so kann man das darauf beruhende Verfahren wohl als vollkommen bezeichnen. Wenn auch unsere zunehmende Erfahrung über die Eignung von Latexmischungen im allgemeinen und über sensibilisierte Mischungen in speziellen wohl noch eine weitere Vertiefung erfahren dürfte, so erscheint eine Verbesserung des technischen Grundgedankens kaum noch möglich. Somit hat auch

die direkte Verarbeitung von Latex in ein Spezialgebiet Eingang gefunden, das bis vor ganz kurzer Zeit noch selbst für die größten Anhänger der direkten Latexverarbeitung als schwer zu erobernde Domäne der alten Methodik bezeichnet wurde.

Schwammgummi

Über die Verwendung von Latex bei der Herstellung von Schwammgummi oder schwammgummiartigen Massen ist in dem entsprechenden Spezialabschnitt (Seite 1081) schon so ausführlich berichtet worden, daß sich ein weiteres Eingehen auf die Einzelheiten hier wohl erübrigt.

Zwei Verfahren jedoch sollen zwecks Erzielung eines wirklich abschließenden Bildes über die direkte Verarbeitung von Latex zu Schwammgummi hier noch Erwähnung finden. Wenn man geeignete stabilisierte Latices mit möglichst hoher Konzentration mit den jeweils erwünschten Füllstoffen und Vulkanisationsagenzien vermischt und hierbei solche Beschleuniger wählt, die auf Latex eine verdickende und gleichzeitig sensibilisierende Wirkung ausüben, wie die Guanidine, so kann man durch Zusatz von getrocknetem, gepulvertem Ammoniumcarbonat eine Mischung erzielen, die sich schon nach kurzer Rührung zu einem zusehends zäher werdenden Koagelbrei verfestigt. Wird dieser Brei im Moment seiner Entstehung durch geeignete Maßnahmen, sei es von Hand aus oder maschinell — einem der Herstellung von Brötchen aus Brotteig analogen Vorgang — gewalkt, so erhält man Koagulate, die bei der folgenden Vulkanisation aufgehen und nach Abreiben der äußeren Haut einen Schwamm von hervorragender Porosität und Saugfähigkeit ergeben.⁵³ Von besonderer Bedeutung sind die hervorragenden Alterungseigenschaften, die an diesem Produkt festgestellt werden konnten.

Ein anderes Verfahren beruht auf der Einmischung solcher Substanzen in Latex, die, in entsprechenden Mengen angewandt, drei Eigenschaften in sich verkörpern:

1. die als starke Erweicher wirken, um die unebrochene Struktur des Latex-Kautschuks mehr oder minder weitgehend zu zerstören, und einen Kautschuk zu liefern, der bei der Einwirkung des Treibmittels leichter eine Gas-Zellenbildung gestattet,
2. die als Erstarrungsmittel wirken, um die Masse im richtigen Moment spontan zu verfestigen,
3. die gleichzeitig als blähendes Agens Anwendung finden können.

Im besonderen kommen für diesen Zweck bekannte Kautschuklösmittel wie »Solventnaphtha« u. dgl. in Frage. Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß man die frische Mischung in beliebige Formen gießen kann, so daß der fertige Schwamm, ähnlich wie bei dem Dunlopverfahren beschrieben, die ihm als Endprodukt zugedachte Form schon während der Verarbeitung annimmt.⁵⁴

Da in dem Spezialabschnitt auch das Gebiet des mikroporösen Kautschuks Aufnahme gefunden hat, so sei an dieser Stelle noch kurz ein

⁵³ F. P. 657 147

⁵⁴ E. P. 381 975/32

Verfahren erörtert, das sich insbesondere zur Herstellung von Filtern für die chemische Industrie eignet, das aber ebenso gut zur Herstellung schwammiger Matten u. dgl. Anwendung finden kann. Das Verfahren beruht auf der Feststellung, daß man durch Einmischung schwer benetzbarer Füllstoffe in Latex, Verfestigung dieser Mischung und Vulkanisation derselben unter Bedingungen, die ein Entweichen des Wassers aus der erstarrten Masse verhindern, eine schwammige poröse Struktur erhält. Diese Struktur unterscheidet sich von der üblichen Schwammstruktur oder der des mikroporösen Kautschuks dadurch, daß die Porosität hier vornehmlich durch spaltenförmige, durch die ganze Masse unregelmäßig verteilte Kanäle bewirkt wird, die an der Grenzfläche zwischen schwer benetzbaren Füllstoffen und der verbindenden Kautschukmasse auftreten. Als für das Verfahren besonders geeignete Füllstoffe haben sich beispielsweise Hartgummistaub, gemahlener Koks u. dgl. bewährt.

Gummifußboden

Die Herstellung von Gummifußbodenbelägen unter Anwendung von Latex hat bis heute, objektiv beurteilt, keine nennenswerte Bedeutung erlangt, ebenso wie die Resultate der bisher auf diesem Gebiete bekanntgewordenen Versuche noch keineswegs als erfolgreich bezeichnet werden können. Es muß allerdings gerechterweise zugegeben werden, daß die Versuchs- und Prüfzeiten noch bei weitem zu kurz sind, um ein wirklich abschließendes Urteil abgeben zu können.

Wir müssen bei der Verarbeitung von Latex zu Gummifußböden streng zwischen zwei Richtungen unterscheiden, und zwar erstens der Herstellung von Bahnen, Kacheln, Platten u. dgl. und Verlegung derselben analog der bisherigen Methodik, und zweitens der Herstellung n a h t l o s e r Gummifußböden an Ort und Stelle der Verlegung.

Die Herstellung der unter die Gruppe 1 fallenden Beläge, ist so gut wie noch gar nicht ausgewertet worden und dürfte die einzig interessante Möglichkeit auch hier auf der Verarbeitung sensibilisierter Latices liegen, da nur so auf verhältnismäßig einfache Art und Weise die zumeist erwünschte Schichtdicke, Dichte und spezifisches Gewicht der Platten erzielbar sind. Bei der erforderlichen Glätte derartiger Fußbodenbeläge und den schon bei der Herstellung und Verlegung unvermeidlichen Abfällen, scheint es überhaupt fraglich, ob die direkte Anwendung von Latex für diesen Zweck jemals Bedeutung gewinnen wird. Zur Erzielung der erforderlichen Dichte und Härte der Beläge sind, gleichgültig von welchem Rohmaterial man ausgeht, schwere Maschinen erforderlich, so daß einer der Hauptvorteile der direkten Latexverarbeitung hier schon in Fortfall kommt. Des weiteren lassen sich die bei der Verarbeitung ergebenden Abfälle nicht wieder in Latex verwandeln, so daß sie anderweitig verwendet werden müssen. Es wäre verfehlt, den Versuch zu machen, die Verarbeitung von Latex um jeden Preis überall durchführen zu wollen. Sie hat nur dort eine wirkliche Existenzberechtigung, wo durch die Verwendung von Latex eine Vereinfachung und möglichst auch eine Verbesserung der Produktion erzielbar ist.

Hingegen eignet sich Latex für die Herstellung nahtloser an Ort und Stelle aufzubringender Beläge wieder zweifellos besser als Kautschuk in anderer Form. Bisher liegen hier Arbeiten in drei Richtungen vor:

1. Es ist durch Herstellung von auch in der Kälte selbst abbindenden Massen möglich, streich- oder spachtelbare Mischungen auf beliebige Unterlage (selbst auf nassen Beton) aufzutragen. Diese Massen bestehen im Prinzip aus Mischungen von Latexkonzentraten mit langsam abbin-

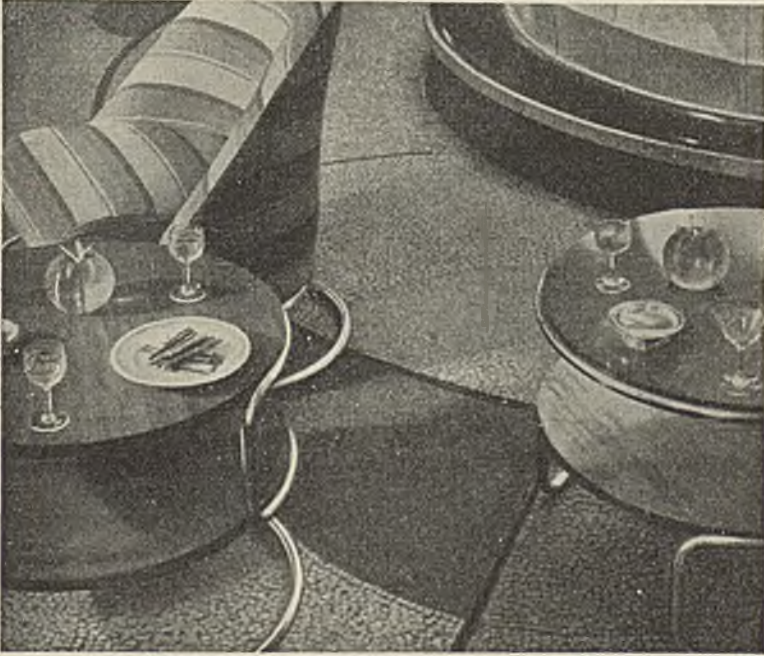


Abb. 1036. Dekorativer Gummi-Terrazzo-Bodenbelag (Verfahren Bond)
(Aus »The Architects' Journal for Oktober 19, 1932«)

denden Zementarten, wie beispielsweise aus folgendem Rezept zu entnehmen ist: ⁵⁵

130 Latex (75proz.) stark stabilisiert
130 Tonerdeschmelzzement
40 Wasser

Sie binden im Verlaufe einiger Stunden zu einer festen nahtlosen Masse ab, die eine hervorragende Haftung auf dem Untergrund aufweist. Gewisse Schwierigkeiten beruhen hierbei auf der sachgemäßen Aufstellung der Mischungsverhältnisse, wenn man das Auftreten von Schwundrissen während des Abbindungsprozesses vermeiden will. Die Mischungen können selbstverständlich durch entsprechende Zusätze auch selbstvulkanisierend gestaltet werden. Derartige Beläge eignen sich für

⁵⁵ E. P. 369 561/32

Laboratorien, Werkstätten u. dgl., sind aber infolge ihres nicht besonders schönen Aussehens für die Belegung von Wohnräumen u. dgl. derzeit noch weniger geeignet.

2. Eine zweite Möglichkeit, die nicht uninteressant erscheint, kann man gewissermaßen als einen Kompromißvorschlag bezeichnen. Der zu belegende Boden wird mit einer derartigen Latex-Zementmischung bestrichen und in diese Schicht noch vor Abbindung derselben beliebig zugeschnittene Abfallstücke von normalem Fußbodenbelag eingebettet, so daß die Latex-Zementmasse gewissermaßen nur als Bindekitt oder Verfüggungsmasse für das eingelegte Mosaikornament dient.⁵⁶ Nach diesem Verfahren, das in sinnfälliger Weise für den sonst schwer verwertbaren Abfall der normalen Fußbodenbelagfabrikation und -verlegung eine neuartige Anwendungsmöglichkeit eröffnet, kann die Ausführung nahtloser bei einiger Geschicklichkeit ornamentalisch sehr reizvoller Bodenbeläge, die sich besonders für öffentliche Gebäude, Restaurationen u. dgl. eignen, erfolgen (Abb. 1036). (Bezüglich der Verwertung des Verfahrens auf anderen Gebieten siehe weiter unten.) Man kann sich die vorgesehenen Ornamente vorher auf steifem Papier u. dgl. mit Kleister lose aufkleben und an Ort und Stelle der Verlegung einfach in die Latex-Zementmischung eindrücken. Nach erfolgter Abbindung wird das Papier mit Wasser gewegewaschen.

3. Schließlich sei noch ein drittes Verfahren erörtert, das nahtlose Fußbodenbeläge durch Aufsprühen von Latexmischungen erzielt, denen in Wasser abbindende Substanzen, wie insbesondere langsam abbindende Gipssorten, zugesetzt sind.⁵⁷ Durch Anwendung geeigneter Spritzanordnungen bzw. durch Verwendung mehrerer Spritzaggregate lassen sich bei diesem Verfahren auch beliebige Farbeffekte erzielen.

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei all den hier gemachten Ausführungen um die Erwähnung von Verfahren, die erst in der allerjüngsten Zeit zur Entwicklung gelangt sind, so daß es verfrüht erscheint, hier bereits auf weitere Einzelheiten einzugehen. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß all diese Verfahren vor ihrem wirklichen Abschluß noch einige technologische Veränderungen erfahren werden. Wohl aber lassen die hier erwähnten bisherigen Ergebnisse bereits erwarten, daß auch in dieser Richtung die Verwendung von Latex vor einem neuen Aufschwung steht.

Die besondere Eigenschaft der in der ersten Gruppe erwähnten Mischungen, die auch bei feuchtem Untergrund, z. B. frischem Beton, hervorragende Haftung zeigen, dürfte ihre Verwendung für Verlegungszwecke von Gummifußbodenbelägen besonders interessant gestalten.

Erwähnt sei noch die Anwendung derartiger Mischungen als Bindemittel für Kies oder feinen Sand u. dgl., zwecks Herstellung von Nivelliermassen bei Gummifußbodenverlegungen auf nicht ebenem Untergrund sowie als wegen ihrer Rutschfestigkeit usw., hervorragend geeigneten Belagsmasse für Tennisplätze, Schwimmbäder u. dgl.

⁵⁶ E. P. 382 709/32; 382 756/32

⁵⁷ E. P. 388 031

Gummistraßen

Die Verwendung von Latex zwecks Herstellung von Gummistraßen ist weitgehend mit dem Problem der Herstellung von Gummifußböden vergleichbar. Wir müssen auch hier zwischen dem Weg der Erzeugung einzelner Blöcke o. dgl. unter Verwendung von Latex und der Herstellung nahtloser Straßenbeläge unterscheiden.

Während das erstere Verfahren aus bereits erwähnten Gründen heute wohl noch wenig Interesse beanspruchen dürfte, mag der zweiten Möglichkeit eine größere Bedeutung zukommen. Unter Verwendung der bereits früher besprochenen Latex-Zementmischungen hat man Versuche unternommen, Fußböden und Straßenbeläge auszuführen, deren ab-



Abb. 1037. Kautschuk-Straßenbau

schließendes Ergebnis noch abzuwarten ist. Die Schwierigkeiten, die sich auch hier ergeben, beruhen ebenfalls auf der nicht ganz einfachen und sachgemäßen Einstellung der zur Anwendung gelangenden Mischung, sofern man das Auftreten von Schwundrissen u. dgl. vermeiden will. Die Aufbringung selbst wäre verhältnismäßig einfach und mit dem Auftragen einer normalen Zementdecke ohne weiteres vergleichbar (Abb. 1037). Da man diesen Mischungen auch erhebliche Mengen von als Streckmittel dienenden Substanzen, wie Sand, Basaltsplitt u. dgl., zumischen kann, dürften sie auch heute schon preislich im Rahmen des Möglichen liegen. Die Tatsache, daß derartige Beläge nicht nur sehr schalldämpfend wirken, sondern auch als absolut rutschfest bezeichnet werden können, sollte die weitere Bearbeitung dieses Problems fördern.

Als besonderer Vorteil derartiger Massen sei hier ihre gute Haftung an in der Straßenoberfläche eingeschlossenen Fremdkörpern, wie insbesondere Straßenbahnschienen, vermerkt. Auch eine direkte Einbettung der Straßenbahnschienen in derartige Massen ist bereits versuchsweise in verschiedenen Fällen mit Erfolg vorgenommen worden. Der hier vor allem zutage tretende Vorteil ist eine erhebliche Verringerung des Geräusches beim Befahren der Schienen, sowie ein völlig wasserdichter

Abschluß des Schienenunterbaues, wodurch die Nachteile des Auswaschens desselben in Fortfall kommen (Abb. 1038). Die Frage, ob insbesondere im städtischen Straßenbau die Anwendung nahtloser Beläge angestrebt werden soll oder nicht, ist strittig. Während vieles für einen nahtlosen Belag spricht, sprechen ebenso schwerwiegende Gründe, wie sie im Spezialabschnitt »Kautschukstraßen« (S. 1183) eingehend erörtert werden, dagegen. Es erscheint aber bei objektiver Betrachtung der heutigen Verhältnisse ein Kompromiß als ideale Lösung darin zu bestehen, daß man einzelne verhältnismäßig leicht auszuwechselnde und ersetzbare Gummistraßenblockelemente unter Anwendung der vorerwähnten Latex-Kautschuk-Zementmischung zu einem praktisch doch einheitlichen

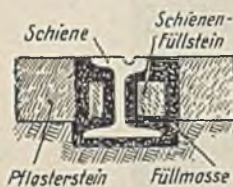


Abb. 1038.
Straßenbahn-
Schienen-
verlegung

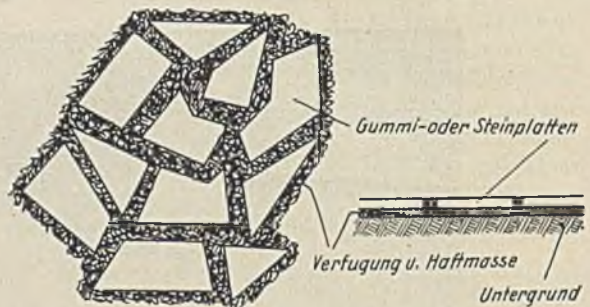


Abb. 1039. Ungleichmäßiges Pflaster

Straßengummibelag verfugt und verkittet. Als Verfugungsmasse eignen sich die vorerwähnten Mischungen, wie heute schon auf Grund praktischer Erfahrung mit Sicherheit behauptet werden kann, einwandfrei; weisen sie doch den Vorteil einer elastischen, Wasser undurchlässigen, nicht rutschenden und durch Temperaturschwankungen nicht beeinflussbaren billigen Verfugungsmasse in hohem Maße auf. Ihre Herstellung ist einfach und erfordert, da auf kaltem Wege möglich, keinerlei besondere Vorrichtungen.

Unter Anwendung derartiger Latexzement-Haft- und Verfugungsmassen hat man auch schon mit großem Erfolg Versuche gemacht, größere unregelmäßig beschnittene Gummibelagsplatten in die Masse einzubetten und so eine vornehmlich als Gehsteig empfehlenswerte Oberfläche zu erzielen, die dem in England und Amerika vielfach angetroffenen sogenannten »crazy pavement« täuschend ähnlich sieht (Abb. 1039). Man hat aber auch schon an Stelle der Gummibelagsplatten die sonst üblichen Steinfließen in die Latex-Zementmasse eingebettet, ebenso wie man durch Einbettung kleiner Steinchen und nachheriges Schleifen der Oberfläche terrazzoähnliche Effekte erzielt hat. Dieser Vorgang verbindet mit der Dauerhaftigkeit des Steinbodens die elastischen Eigenschaften der zur Einbettung angewandten Gummimassen und dürfte sich vor allem auch für Gehsteigzwecke u. dgl. bewähren. Die Elastizität der Bindemassee läßt nahezu beliebige Temperaturschwankungen zu, ohne daß die Gefahr des Springens derartiger Steinplatten zu befürchten ist.

(Man hat auch nach demselben Prinzip durch Einbettung von Perlmutter u. dgl. sehr schöne künstlerische Effekte erzielt und einen neuen Werkstoff geschaffen, der sich infolge seiner Unzerbrechlichkeit und dennoch außerordentlichen Härte für die Herstellung von Waschtischplatten sehr gut eignet.)

Gummifäden

Die Herstellung von Gummifäden aus Latex muß ebenfalls in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Der erste Gedanke lehnt sich weitestgehend an die bisherige Herstellungsmethode des sogenannten »Vierkantfadens« an. Nachdem, wie bereits in dem Spezialabschnitt (S. 1209) erörtert, der Konservatismus der Gummifädenindustrie in bezug auf die Verwendung von Parakautschuk gebrochen werden konnte, erscheint der Gedanke, die Fadenplatte nicht aus Lösung oder durch Ziehen am Kalandar, sondern durch Streichen geeigneter Latexmischungen herzustellen, im Bereich der Möglichkeit zu liegen. Die Herstellung ist denkbar einfach. An Stelle der üblichen Gummilösung wird eine geeignete Latexmischung auf ein endloses Unterlagsband gestrichen und von diesem nach erfolgter Trocknung abgenommen, vulkanisiert und auf den üblichen Schneidemaschinen geschnitten. Die Verwendung von Latex, sofern für sachgemäße Mischung Vorsorge getroffen ist (völlige Blasen- und Koagelfreiheit), weist gegenüber der Benzinlösung den Vorteil auf, daß man mit erheblich geringeren Strichen die erwünschte Plattenstärke erzielen kann. Die diesbezüglichen Versuche sind, soweit man heute beurteilen kann, durchaus zufriedenstellend. Da aber gerade auf dem Gebiete des Gummifadens ein wirklich abschließendes Urteil erst nach jahrelanger Erprobung gewonnen werden kann, kann man über die Zweckmäßigkeit dieser Methode noch nichts Bindendes aussagen. Die ungebrochene Struktur des Latex-Kautschuks bedingt ein leichtes Auffransen der Fadenkanten bei Reibung, sofern man nicht durch geeignete Zusätze dieser Erscheinung entgegenarbeitet.

Viel reizvoller und auf Grund der ganzen Eigenschaften des Latex logischer erscheint seine Verarbeitung zur Herstellung von Fäden mit rundem Querschnitt. Es ist wohl nicht zum kleinsten Teil an der verhältnismäßig langsamen Entwicklung dieses Arbeitsgebietes der bereits erwähnte Konservatismus der Gummifädenindustrie einerseits und der Weber andererseits schuld. Es scheint außerordentliche Mühe gekostet zu haben, vor allem dem Weber klar zu machen, daß seine Auffassung, daß der Rundfaden sich nicht einwandfrei verarbeiten läßt (es wurde mehrfach behauptet, daß er sich aus der Umspinnung herauszieht), auf die Dauer nicht haltbar erscheint. Die Möglichkeit der Herstellung von Rundfäden aus Latex dürfte jedem Leser auf Grund der in den vorangegangenen Absätzen gemachten Ausführungen über die Eigenschaften des Latex schon klar sein. Wenn man beispielsweise Latex durch geeignete Düsen in ein Koagulier- oder auch wasserentziehendes Bad einfließen läßt, so muß folgerichtig ein rundfadenförmiges Koagel entstehen. Aber auch die Verwendung wärmeempfindlich gemachter Latices bietet hier weitere Möglichkeiten, da es in diesem Falle nur erforderlich ist,

den Latex durch geheizte Düsenköpfe in Wasser auszuspritzen. Maschinell ist eine derartige Vorrichtung der in Abb. 1017 dargestellten analog.

Die besonders hohen Anforderungen, die heute an Gummifäden gestellt werden, haben es mit sich gebracht, daß diese Entwicklung nur sehr langsam vor sich gehen kann, um so mehr, als man zur Erzielung wirklich einheitlicher Fadenqualitäten unter Verwendung von Latex eine ganze Anzahl von Faktoren einer dauernden sehr scharfen Kontrolle unterwerfen muß. Es muß nicht nur die Konzentration und Viskosität des Latex dauernd eine gleichbleibende sein, sondern auch seine Alkalität, die Temperatur der Düsen und die Konzentration des Fällbades müssen stets gleichbleiben, ebenso wie der Zug der Abnahmevorrichtung zur Erzielung gleicher Dimensionen unverändert erhalten bleiben muß. Da ferner auch äußere Temperatureinflüsse mitunter schon erhebliche Verände-

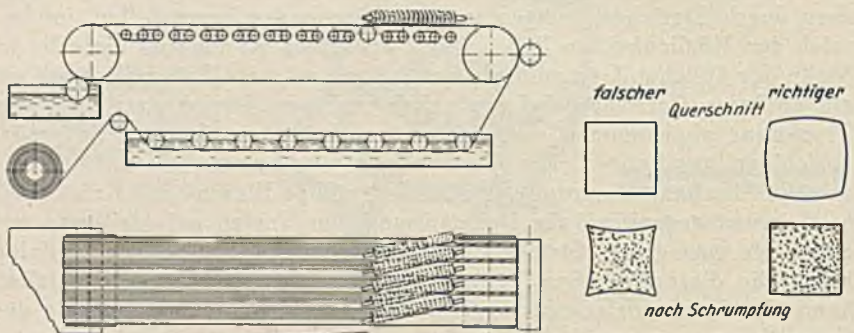


Abb. 1040. Latexfadenherstellung gemäß A. P. 1 846 253

rungen in den physikochemischen Eigenschaften der Mischungen bewirken, ist auch für konstante Temperatur des Latex und der Fällbäder Sorge zu tragen.

Vor all diesen Schwierigkeiten ist aber nicht zurückgeschreckt worden. Die Versuche zur Herstellung von Gummirundfäden und -bändern aus Latex werden auch heute noch, nunmehr mit bereits steigendem Erfolg, fortgesetzt.^{57a}

Ein Verfahren, das viele der eben aufgeführten Schwierigkeiten ausschaltet, ist aus Abb. 1040 zu entnehmen.⁵⁸ Ein dünner auf ein endloses Band gestrichener Film wird mittels eines gegeneinander beweglichen Walzenpaares dauernd zu einem Rundfaden gedreht und dann erst vulkanisiert. Es resultiert ein homogener, kompakter Rundfaden.

Der Verwendung von Latex auf dem Gebiete der Gummirundfadenherstellung ist aber noch eine spezielle Anwendung vorbehalten geblieben, die bei Abfassung dieses Manuskriptes bereits zur Schöpfung gänzlich neuer Produkte geführt hat.

^{57a} So stellt z. B. eine englische Fabrik, bei Indrucksetzen dieser Zeilen, mit einer Anlage bereits etwa 50 kg Faden pro Stunde her.

⁵⁸ A. P. 1 846 253. Siehe auch F. P. 764 379/1934.

Es handelt sich um die Herstellung der unter dem Namen »Lastex« bekanntgewordenen Gewebe für Schwimmanzüge u. dgl. Wohl hat man schon, wie in dem Spezialabschnitt (Seite 1209) erörtert, viele Versuche unternommen, um durch Anwendung von Gummilösung feine Gummirundfäden herzustellen. Alle die Schwierigkeiten, die hier durch das Lösungsmittel und die verhältnismäßig geringe Kautschukkonzentration, sowie vor allem durch die Schwierigkeit einheitlicher Vulkanisation sich ergeben, sind durch die Verarbeitung von Latex mit einem Schläge beseitigt worden. Man kann heute unter Anwendung von mit besonderer Vorsicht hergestellten Mischungen Latexfäden von rundem Querschnitt von einer bisher nicht zu erzielenden Feinheit herstellen. Die so gewonnenen Fäden werden dann mit Baumwolle, Seide u. dgl. umspunnen, so daß sie gewissermaßen nur die Seele des Fadens bilden, der nunmehr auf übliche Art und Weise wieder ohne besondere Vorkehrungen zu feinsten Geweben verarbeitet werden kann. Dieses Gewebe unterscheidet sich aber von allen bisherigen bekannten Geweben dadurch, daß es nach zwei Richtungen gleichmäßig dehnbar ist. Die Feinheit der Webart in Verbindung mit ihrer Elastizität, sowie ihre völlige Luftdurchlässigkeit dürften dieses Material nicht nur auf dem Gebiete der Modeartikel, sondern auch auf dem Gebiete der medizinisch-orthopädischen Gummiwaren (Gummistrümpfe, Bandagen u. dgl.) besonders beliebt machen.

Aber auch der Gedanke der Herstellung eines Vierkantfadens durch Ausstoßen von Latex aus geeigneten Düsen ist praktisch erprobt worden. Hier ergibt sich nur die zusätzliche Schwierigkeit, daß das vierkantige Koagel während der Trocknung nicht vierkantig schrumpft, wie dies aus folgender schematischer Abbildung ersichtlich ist. Durch entsprechende Abänderung der Düsenform ist aber auch diese Schwierigkeit überwunden worden (Abb. 1041).⁵⁹

Gummiisolierte Leitungen

Die Verwendung von Latex zur Herstellung gummiisolierter Leitungen ist in dem Spezialabschnitt Seite 1275 bereits erörtert worden. An dieser Stelle werden auch die Gründe hervorgehoben, die der Verarbeitung größerer Mengen von Latex auf diesem Gebiete Einhalt geboten zu haben scheinen. Von Interesse ist aber vielleicht die Feststellung, daß sich Latex dennoch auf dem Gebiete der »gummiisolierten Leitungen« und insbesondere der Tiefseekabel, einen Platz gesichert zu haben scheint, so daß seine Verwendung in Zukunft auch auf diesem Gebiete an Bedeutung gewinnen dürfte. Allerdings handelt es sich hierbei nicht um eine direkte Latexverarbeitung mit der für sie maßgebenden technolo-

⁵⁹ Bezüglich der Herstellung von Fadenplatten aus Latex siehe z. B. E. P. 339 676/31. Bezüglich der Herstellung von Bändern zur Umwicklung von Golfbällen siehe E. P. 333 005/30. Bezüglich der Herstellung von dünnen Fellen A. P. 1 759 618. Die Herstellung von Rundfäden aus Latex findet in einem Aufsatz von E. A. Murphy eine zusammenfassende Darstellung, T.I.R.I. 8 (1932) S. 328

gischen Einrichtung, sondern vielmehr um die Gewinnung eines besonders reinen Kautschukkoagulates durch entsprechende Koagulationsreinigungsmethoden.⁶⁰

It-Platten und Bremsbeläge

Die Herstellung von sogenannten It-Platten unter Verwendung von Latex erscheint schon deshalb erstrebenswert, weil bei der normalen It-Plattenfabrikation nicht unerhebliche Mengen von Lösungsmitteln nur verhältnismäßig schwierig rückgewonnen werden können. Die Herstellung von It-Platten, bei denen die vornehmlich angewandten Asbestfasern nicht mit aus Gummilösung oder benzinösem Teig niedergeschlagenen Kautschuk, sondern durch aus Latex erhaltenen Kautschuk verbunden werden, erfordert aber eine gänzlich andere Herstellungsart, da die mangelnde Adhäsion einer Asbestlatexmischung die übliche Verarbeitung auf dem It-Platten-Kalender (siehe Spezialabschnitt Seite 1271) nicht zuläßt.

Da die Herstellung von Asbestlatexmischungen, wie sie für die It-Plattenfabrikation Anwendung finden, mit der Verarbeitung derartiger Gemische für die Herstellung »latexgebundener Bremsbeläge« praktisch identisch ist, sei auf die in dem Spezialabschnitt »Reibungselemente« (Seite 1261) bereits gemachten Ausführungen verwiesen, so daß wir uns nur noch auf die folgenden zusätzlichen Bemerkungen beschränken können.

Die Schwierigkeiten, die sich der Verarbeitung der Asbestfasern mit Latex entgegenstellen, beruhen auf der koagulierenden Wirkung, die die Asbestfasern vermutlich auf den Latex auf Grund ihres Gehaltes an freien Kalzium- oder Magnesiumionen ausüben. Die Möglichkeit, durch außerordentlich starke Verdünnungen des Asbestfaserbreies einerseits und der Latexdispersion andererseits dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, ist bereits erörtert worden. Andere Möglichkeiten, die koagulierende Wirkung des Asbestfaser aufzuheben, beruhen beispielsweise in einer Vorbehandlung derselben mit Alkalien oder in der Anwendung stark schützender Zusätze zum Latex, wie beispielsweise Haemoglobin⁶¹, die erst bei einer bestimmten Temperatur ihrer schützenden Wirkung verlustiggehen und dann erst eine Auswirkung der koagulierenden Eigenschaften der inzwischen homogen verteilten Asbestfasern zulassen.

Eine weitere und heute wohl am meisten angewandte Methode beruht auf der Anwendung von durch entsprechende Zusätze bereits agglomerierten Latex. Wird nämlich Latex oder eine geeignete Latexmischung durch Zusätze, wie beispielsweise Alaun, verdünnte Salzsäure u. dgl., voragglomeriert, so daß man Agglomerate geeigneter Größe erhält, so läßt sich ein derartiger Latex leicht homogen mit der Asbestfaser vermischen, auf der sich die einzelnen Agglomerate allmählich unter Abscheidung eines klaren Serums fest verankern. Die so gewonnenen Asbest-Kautschukbreie werden dann auf geeigneten Siebpressen, Langsiebmaschinen

⁶⁰ D. R. P. 460 950/28; 515 306/31; 547 581/32; 464 869/28; E. P. 307 966/29 u. a. m.

⁶¹ A. P. 1 689 581/28

o. dgl. des nunmehr leicht abpreßbaren Wassers beraubt und die erzielten Platten nach erfolgter restloser Trocknung, sofern es erwünscht ist, vulkanisiert.

Während man bei der Herstellung von Bremsbelägen in der Regel einen verhältnismäßig hohen Schwefelgehalt anwendet, um den Belag bereits bei der Herstellung oder erst während des Betriebes in hartgummiartige Beschaffenheit überzuführen, wendet man bei der Herstellung sogenannter It-Platten aus Latex nur verhältnismäßig geringe Schwefelmengen an und überläßt die eigentliche Vulkanisation des Bindematerials der im Betrieb auftretenden Erwärmung der Dichtungsscheiben.

Die so hergestellten It-Platten sowie Bremsbeläge unterscheiden sich von den in dem entsprechenden Spezialabschnitt (S. 1251) bereits ausführlich besprochenen auf dem It-Platten-Kalender gezogenen Platten durch völlig unorientierte Lagerung der Asbestfasern und durch Fehlen irgendwelcher Schichtenstruktur. Sie sind daher mechanisch praktisch nach jeder Richtung hin gleich widerstandsfähig, wie sie überhaupt bei sachgemäßer Herstellung erheblich größere mechanische Festigkeiten aufweisen, als die bisher bekannten Produkte.

Es sei nur an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, daß die an sich geringe Bindefähigkeit des Latex gegenüber den aus benzinösen Lösungen gewonnenen Kautschuk es empfehlenswert macht, den Kautschukgehalt im Fertigprodukt höher zu wählen, als dies bei der Verarbeitung nach den althergebrachten Methoden erforderlich erscheint.

Hartgummi

Es ist selbstverständlich, daß man auch bei direkter Verwendung von Latex Hartgummigegegenstände herzustellen in der Lage ist. Es ist lediglich erforderlich, den anzuwendenden Latex hinreichend zu stabilisieren oder von vornherein entsprechend stabilisierte Latices anzuwenden, um bei der Einmischung der verhältnismäßig hohen Schwefelmenge und der anderen geeigneten Zusätze, wie insbesondere Hartgummistaub, eine frühzeitige Koagulation auszuschalten. Auch für die Herstellung von massiven Hartgummigegegenständen hat sich die Verwendung sensibilisierter Latexmischungen besonders bewährt, da sie die Darstellung von Produkten ansehnlicher Dicke zuläßt. Es empfiehlt sich, hier möglichst solche Sensibilisierungsmittel zu wählen (siehe weiter oben), die in der Kälte nach vorher bestimmbarer Zeit zur Verfestigung führen, da auf diese Art und Weise vermieden wird, daß etwa die zur Erstarrung erforderliche Temperaturerhöhung eine frühzeitige Anvulkanisation der Mischung bedingt, die dann der Ausbildung einer kompakten Masse Schwierigkeiten entgegenzusetzen könnte. Wenn man nämlich eine mit hinreichendem Schwefel versetzte Latexmischung unter Anwendung von Hitze zur Erstarrung bringt, so wird die hierbei einsetzende Vulkanisation leicht das erstarrte System bereits soweit verfestigen, daß bei der nachfolgenden Trocknung die Schrumpfung bei der Ausbildung eines mikroporösen Systems (siehe

eines kompakten dichten Filmes erforderliche Plastizität und Verschmelzbarkeit der Masse durch die Vulkanisation beseitigt worden ist.

Unter Berücksichtigung der erwähnten Vorsichtsmaßregeln bietet es aber keinerlei Schwierigkeiten, selbst die kompliziertesten Hartgummigegegenstände direkt aus Latex herzustellen, wobei man sich mit großem Vorteil der schon mehrfach erwähnten Eigenschaft des Latex-Kautschuks bedienen kann, in der Vulkanisation nicht merklich zu fließen. Dies bedeutet, daß die der plastischen Masse durch das Gießverfahren gegebene Form während der Trocknung in einen elastischen Zustand übergeführt wird, und dieser Zustand auch bei der in Heißluft vornehmbaren Vulkanisation zu Hartgummi unverändert erhalten bleibt. Zwecks Erzielung einwandfreier und vor allem einheitlich massiver und nicht poröser Hartgummigegegenstände ist für eine weitgehende Trocknung vor der Vulkanisation Vorsorge zu tragen. Um ganz richtig zu gehen, empfiehlt es sich, Hartgummigegegenstände, die aus Latex hergestellt wurden, unter Luftdruck zu vulkanisieren. Die Verwendung freier Dampfdruckheizungen ist deshalb weniger angebracht, da hier die Gefahr besteht, daß die in den Latices in mehr oder minder hohem Maße zurückgehaltenen hydrophilen Bestandteile durch Adsorption von kondensiertem Dampf starke Vulkanisationsverzögerung und Porenbildung verursachen können.

Dieselben Vorsichtsmaßregeln gelten in erhöhtem Maße für die Verwendung von Latex auf dem Gebiete der Hartgummi auskleidungen. Hier hat man erfolgreich Spritzverfahren zur Anwendung gebracht. Die zumeist zum Zwecke des Schutzes gegen Korrosion durch Einwirkung von Atmosphärenteilchen und insbesondere chemische Reagenzien zur Auskleidung gelangenden Metallgefäße u. dgl. werden vorerst auf ihrer Oberfläche gründlichst gereinigt. Eine Reinigung mittels Sandstrahl- oder Stahlsandgebläses hat sich am besten bewährt. Die so gereinigten und gleichzeitig etwas aufgerauten Flächen werden nun mit geeigneten Haftlösungen bestrichen. Es eignen sich hierfür sowohl die auch sonst auf dem Gebiete der Hartgummi auskleidung angewandten Haftmittel, ebenso wie man sich mit besonderem Vorteil der bereits im Abschnitt »Gummi im Automobilbau« (Seite 643) erwähnten Latexhaftmischungen bedienen kann. Nach erfolgtem Aufstreichen und etwa erforderlicher Vorheizung der Haftmischungen, die in der Regel auch Zusätze aufweisen, die eine Vulkanisation zu lederartigem Gummi bewirken, wird die Hartgummi-Latexmischung mittels geeigneter Spritzpistolen aufgesprüht. Die Mischung muß so eingestellt sein, daß sie beim Aufprallen auf die zu bedeckenden Flächen hinreichende Konsistenz aufweist, um ein Abfließen an vertikalen Wänden tunlichst auszuschalten. Der Auftrag soll nicht zu stark sein, um eine restlose Durchtrocknung der Schicht zu ermöglichen. Wird hierauf nicht geachtet, so besteht die große Gefahr, daß die etwa noch zurückgehaltene Feuchtigkeit während der Vulkanisation zur Ausbildung von Blasen führt, die mitunter die Abhebung des gesamten Belages ver-

ursachen kann. Nach erfolgter Trocknung kann eine weitere Schicht aufgesprüht werden, ein Vorgang, der solange wiederholt werden kann, bis die erwünschte Schichtdicke erzielt ist. Es sei aber hier auf Grund jahrelanger Erfahrungen darauf hingewiesen, daß in der Verarbeitung von Latex nur dann ein besonderer Anreiz und Vorteil zu erblicken ist, wenn es sich um die Behandlung verhältnismäßig dünner, dafür aber ganz kompliziert gestalteter Oberflächen handelt. Die Aufbringung von Schichten in Dicken von über 2 oder 3 mm bei verhältnismäßig glatten Flächen ist für die Verwendung von Latex nicht interessant, da man hier durch die übliche Plattenbedeckung rascher und zweifellos billiger zum Ziele kommt. Da man ohne weiteres die Plattenbelegung mit dem Hartgummiüberzug leicht kombinieren kann, hat dieses Anwendungsgebiet von Latex dem über Hartgummi-*auskleidungen* arbeitenden Fachmann wertvolle, bisher nur schwer erzielbare Arbeitsmöglichkeiten an die Hand gegeben.

Um ein Beispiel aus der Praxis zu erwähnen, sei darauf hingewiesen, daß man bei der *auskleidung* von Zentrifugen die durchlochenden Seitenwände sowie die einzelnen Durchlöcherungen mit Latexhartgummi-spritzguß verkleidet, den Boden der Zentrifuge sowie evtl. die glatten Flächen des Zentrifugegehäuses mit Platte belegt. Je nach der Art des zu bekleidenden Gegenstandes sowie der Verwendung, den derselbe im Betrieb ausgesetzt werden soll, wird man individuell erst zwischen Latexgummierungen und der üblichen Plattengummierung wählen, ferner aber bei der Verarbeitung von Latex auch noch der anzuwendenden Mischung sein besonderes Augenmerk zuwenden müssen. Überall dort, wo man mit besonders aggressiven Substanzen zu rechnen hat, wird es sich empfehlen, Latices, die in bezug auf ihren Kautschukgehalt möglichst rein sind, zu verarbeiten oder solche bei denen durch geeignete Maßnahmen für ein Unlöslichwerden der vorhandenen oder zugesetzten Nichtkautschukbestandteile vorgesorgt worden ist.

Aus Latex durch Spritzgummierungen erzielte Hartgummi-*auskleidungen* lassen sich, wo erwünscht und erforderlich, mit den gleichen Maßnahmen bearbeiten und polieren, wie dies bei normalem Hartgummi der Fall ist, ebenso wie die chemischen Eigenschaften der latex-hartgummierten Produkte mit denen des normalen aus Rohgummi hergestellten Hartgummi absolut vergleichbar sind, so daß sich eine weitere Diskussion dieser speziellen Latexverarbeitung als überflüssig erweist.

Berücksichtigt man abschließend all das, was über die Möglichkeiten sensibilisierter Latexmischungen im Gießverfahren bereits gesagt wurde, so dürfte die Bedeutung, die dieser Latexanwendung noch zukommt, klar sein. Es ist auf diese Weise unter anderem eine Leichtigkeit, Gefäße u. dgl. aus Hartgummi im Gießverfahren herzustellen, bei deren Oberfläche ohne Anwendung teurer und komplizierter Preßformen die feinsten Gravuren ihre naturgetreue Wiedergabe finden können.

Ein Verfahren sei hier aber noch ausdrücklich erwähnt, das durch die fortschreitende Technik vieler seiner bei Bekanntwerden aussichtsreichen Anwendungsmöglichkeiten verlustig ging. Es ist dies die elektrophore-

tische Niederschlagung von Kautschuk.⁶³ Diese Methode eignet sich aber auch heute noch zum Überziehen von Sieben, Siebblechen, Gittern usw. mit Latexmischungen, insbesondere Hartgummi, hervorragend.

Zahngummi

Auf dem Gebiete von Zahngummi hat die direkte Verarbeitung von Latex bereits Eingang gefunden. Deutschen Forschern⁶⁴ ist es gelungen, unter Verwendung besonders stabilisierter Latexkonzentrate und durch Zusatz der zweckmäßigen Ingredienzien pastöse Zahnmassen herzustellen, die nicht, wie sonst üblich, in Plattenform, sondern in Tuben dem Zahnarzt zur Verfügung stehen.

Die Verarbeitung dieses Latexzahngummis dürfte eine erhebliche Vereinfachung der Herstellung von Zahnprothesen u. dgl. bedingen, da sie viele der in dem Spezialabschnitt (S. 1407) erörterten einzelnen Arbeitsvorgänge wesentlich vereinfacht bzw. ganz ausschaltet. Die stark gefüllte, verhältnismäßig wenig Wasser enthaltende Zahngummipaste wird aus den Tuben ausgedrückt und in ihrem vorliegenden Zustand in die Gipsmodelle eingestopft. Schon die Einstopfung bewirkt teils mechanisch die Koagulation zu zusammenhängender Kautschukmasse, teils beschleunigt die wasseraufsaugende Eigenschaft des Modellgipses ihre nahezu spontane Trocknung, so daß die Vulkanisation sofort nach Fertigstellung der Stopfung vorgenommen werden kann. Das Verfahren dürfte dem Zahnarzt aber auch den nicht zu unterschätzenden Vorteil bieten, ohne irgendwelche zusätzliche Apparaturen selbst aus verhältnismäßig wenigen Gummimischungen die ihm für den vorliegenden Fall jeweils geeignet erscheinende Farbtönung der Prothese selbst zusammenzustellen.

Auch hier hat bis jetzt lediglich der Konservatismus der ausschlaggebenden Fachwelt einer rascheren Entwicklung dieses Gedankens Schranken gesetzt. Die Einwände, daß gerade der Zahngummi erst sehr gründlicher Erprobung unterworfen werden muß, bevor man an die Einführung eines neuen Produktes gehen kann, sind selbstverständlich und bei der Möglichkeit schwerer gesundheitlicher Schädigungen, die unsachgemäße Zusammensetzung derartiger Mischungen bedingen können, nur allzu verständlich und begreiflich. Die Versuche mit Latexzahngummi reichen aber schon mehrere Jahre zurück und haben bereits eine solche Zahl von Erfolgen zu verzeichnen, daß man heute in der Lage ist, diese Bedenken auf Grund vorliegender unter strengster wissenschaftlicher Kontrolle ausgeführter Versuche zu entkräften.

Gummi in Schleifscheiben

Über die Verwendung von Latex in gummigebundenen Schleifscheiben u. dgl. ist in dem Spezialabschnitt (S. 1414) bereits so ausführlich und mit besonderer Betonung der dem Latex bzw. den künstlichen Kaut-

⁶³ »Latex« S. 152; »Rubber Latex« S. 53 ff.; I.R.W. 88 (1933) S. 37

⁶⁴ Verfahren zur Herstellung von Hartgummigegenständen, insbesondere Zahnprothesen aus Hartgummi-Zement in wäßrigen Dispersionen (Dr. Sulke & Dr. Wurm), D. R. P. ang. S. 97 110 IVa 39b i.

schukdispersionen zukommenden Bedeutung berichtet worden, daß eine abermalige Erörterung an dieser Stelle überflüssig ist. Es sei daher auf den vorerwähnten Abschnitt verwiesen.

Oxydation und Alterung

Bezüglich der Oxydation und Alterung der aus Latex gewonnenen Produkte gilt im allgemeinen dasselbe wie bereits in dem hierfür bestimmten Spezialabschnitt (Seite 1513) für normalen Rohkautschuk bzw. Kautschukvulkanisate erörtert. Es sei hier lediglich der Vollständigkeit halber darauf verwiesen, daß Latexprodukte im allgemeinen bessere Alterungseigenschaften aufweisen als aus Rohkautschuk gewonnene Produkte, sofern die Ergebnisse durch Zusatz entsprechender Antioxydantien nicht gefälscht werden, da Latex bekanntlich von Natur aus die Oxydation hemmende Bestandteile enthält. Dies gilt natürlich nicht für die Latexarten, die durch Zentrifugierung oder Aufrahmung u. dgl. des größten Teiles der Nichtkautschukbestandteile des natürlichen Latex beraubt wurden.

Auch auf dem Gebiete der *K a u t s c h u k d e r i v a t e* ist all das für Latex speziell Interessante bereits in dem Spezialabschnitt (Seite 1559) besprochen worden.

Verschiedene andere Anwendungsgebiete für Latex

In den vorangegangenen Ausführungen haben wir uns bemüht, den heutigen Stand der direkten Latexverarbeitung auf den Gebieten möglichst kurz zusammenfassend und objektiv zu schildern, die den eigentlichen Rahmen der Gummi-Industrie bilden oder zumindest in die ihr schon seit langem nahestehenden Gebiete fallen. Latex hat aber darüber hinaus noch eine Anzahl anderer Anwendungsgebiete gefunden, die hier einzeln aufzuzählen weder möglich noch zweckmäßig erscheint. Wie immer, wenn ein neues Rohmaterial in größeren Mengen plötzlich zur Verfügung steht, haben sich auch von dem Moment ab, in dem Latex in der einen oder anderen Form am Markt erhältlich war, die verschiedensten Vorschläge für seine Verwendbarkeit eingefunden.

Es würde den Zweck dieser Ausführungen kaum Gerechtigkeit widerfahren heißen, wenn alle diese Vorschläge noch aufgezählt und erörtert werden müßten und wir wollen uns daher nur noch kurz mit solchen befassen, die in letzter Zeit auch eine erfolgreiche und vor allem interessante Entwicklung gefunden haben.

Hierher gehören vor allem all die Arbeiten, die sich mit der Verarbeitung von Latex zum Zwecke der Klebstoffherstellung befassen. Der Gedanke, unter Benützung von Latex mit dem ihm durch seinen Kautschukgehalt von Natur gegebenen klebenden und insbesondere bindenden Eigenschaften, wasserlösliche und nicht entzündbare sowie keine gesundheitsschädigenden Stoffe enthaltende Klebstoffe herzustellen, ist an sich so logisch, daß man die Fülle der auf diesem Gebiet angestellten Arbeiten versteht. Durch Zusatz der verschiedensten Substanzen, wie Harze mit stark klebenden Eigenschaften, Kasein, Leim usw., hat man heute eine

größere Anzahl von Klebstoffen ausgearbeitet, die für die verschiedensten Klebprobleme geeignet sind. Die Hauptgebiete, auf denen heute Latexklebstoffe mit besonderem Erfolg Anwendung finden, sind die Schuhindustrie, die Buchbinderei und Kartonnagenindustrie sowie die Sperrholz- und Furnierindustrie. Für das letztgenannte Gebiet wird man vorzugsweise auch noch solche Zusätze den Mischungen einverleiben, die die Wasserbeständigkeit der erfolgten Verleimung garantieren, ebenso wie man beispielsweise bei dem für Lederklebung vorgesehenen Mischungen gerne Substanzen zufügt, die eine Erhöhung der Aufsaugefähigkeit des Leders für den Klebstoff und somit eine bessere Verankerung desselben bewirken. Derartige Zusätze sind bereits bei der Besprechung der Füllstoffe eingehend erörtert worden.

Ein Gebiet, das ebenfalls größte industrielle Bedeutung gewonnen hat, ist die Verwendung von Latexmischungen für die Herstellung von Konservenschlußmassen. Der Vorteil dieser Mischungen gegenüber den bisher zumeist angewandten Gummilösungen ist der verhältnismäßig hohe Festsubstanzgehalt, der die Ausbildung von Schrumpfseln und die sich daraus ergebenden Undichtigkeiten praktisch ausschließt.⁶⁵

Die Herstellung von Einlagescheiben für Kronenverschlüsse sowie von Flaschenringen wie sie zur Abdichtung gewisser Arten von Bier- und Mineralwasserflaschen Anwendung finden, ist ebenfalls schon unter Anwendung von Latex großfabrikatorisch ausgeführt worden.⁶⁶ Derartige Produkte werden entweder durch Anwendung sensibilisierter Latexmischungen in Plattenform oder durch Aufspritzen geeigneter Mischungen auf Pappunterlagen u. dgl. erzeugt. Auch die Verwendung von durch das Tauchverfahren aus Latex hergestellten Flaschenkapseln vornehmlich als Ersatz für die heute meist gebräuchlichen Gelatine- oder Viskosekapseln findet zunehmendes Interesse.

In neuerer Zeit hat man den Vorschlag gemacht, durch geeignete Kombination eines Spritz- und Koagulationsvorganges Oberflächen mit perl-, frotté- oder lammfellartigem Aussehen zu erzeugen.

Auch für die Imprägnierung von Filzen, sei es zum Zwecke der Herstellung eines Sohlenmaterials für Sportschuhe u. dgl., sei es zwecks Herstellung von Isolationsmassen, wird Latex zunehmend angewandt. Die Imprägnierung erfolgt hier entweder einfach durch Tränken mit Latex und darauffolgender Trocknung und Pressung oder auch durch Anwendung hitzeempfindlicher Latices, wodurch mit immer gleichbleibendem Kautschukgehalt des fertigen Filzproduktes gerechnet werden kann.

Auch die Verarbeitung von Korkschrot oder Korkmehl zu Latex-Kautschuk gebundenen Kunstkorkplatten sowie die Herstellung von Polierscheiben durch Verkleben mehrerer Jutelagen zu scheibenförmigen Gebilden sind Anwendungsgebiete, denen heute schon zunehmende Bedeutung zukommt. Die Imprägnierung von Jutegeweben bzw. die Gummierung derselben nach dem Streichverfahren zum Zwecke der Herstellung von Verpackungsmaterial für Kunstdünger u. dgl. sei erwähnt.

⁶⁵ »Latex« S. 158

⁶⁶ E. P. 259 987/27; 279 342/27

Auch an Versuchen der Vereinigung von Latex mit Viskose zwecks Erzielung von Kunstseide mit besonderen Eigenschaften sei gedacht, ebenso wie auf die in letzter Zeit sehr Erfolg versprechenden Versuche zur Erzeugung neuartiger Kunstseideappreturen unter Verwendung von Latex verwiesen sei.

Auch auf dem Gebiete der Herstellung wetterbeständiger Farben wird unter Verwendung von Latex, insbesondere in England, mit zunehmendem Erfolg gearbeitet. Sogar an Versuchen der Verbindung von Latex mit Öl-emulsionen zwecks Herstellung eines neuen Schmiermittels hat es nicht gefehlt, im Gegenteil, die diesbezüglichen kürzlich bekanntgewordenen Versuche sollen zu sehr zufriedenstellenden Ergebnissen geführt haben.

Die Verwendung von Latex für Injektionsmassen zur Erzielung anatomischer Präparate sowie die Versuche, Früchte durch Tauchung in Latex für längeren Transport zu konservieren, seien mehr Interesse halber als an ihrem Wert gemessen erwähnt.

Die Herstellung von latexüberzogenen bzw. imprägnierten Roßhaaren u. dgl. zwecks Erzielung fertig geformter Sitzkissen von hoher Elastizität sei hier nochmals vermerkt, bezüglich Einzelheiten sei auf den Abschnitt »Gummi im Automobilbau« (Seite 643) verwiesen.

Schließlich sei auch noch die Verwendung von Latex als Rohmaterial in der Kaugummi-Industrie erwähnt. Latex wird hier in Verbindung mit hydrierten Ölen und gewissen anderen Zusätzen erhitzt und hierbei dauernd gerührt, um das vorhandene Wasser zu verdampfen. Latex-Kautschuk soll sich, vermutlich infolge seiner unzerstörten Struktur, für die Herstellung des in Amerika in den letzten Jahren stark aufgekommenen und vor allem bei Kindern sehr beliebten Blasenkaugummis bewähren.

Die Verwendung von Latex in der Herstellung von photographischem Kopierpapier soll zu besonders künstlerischen Effekten führen.⁶⁷

Die Verwendung von Latex in der Papierindustrie sei noch erwähnt. Nach anfänglichen Schwierigkeiten scheint die Einmischung von Latex in den Papier- oder Pappenbrei nun zu besseren Ergebnissen als noch vor mehreren Jahren der Fall war, zu führen. Auch als Appretur bzw. Leimmasse findet Latex zunehmende Anwendung und Beachtung.⁶⁸

Eine der neuesten Anwendungsgebiete für Latex dürfte in seiner Verwendung zur Herstellung für Klischees für den Offset- und Gummidruck sein. Die flüssige Beschaffenheit der Ausgangsmischungen gestattet hier die Wiedergabe der feinsten Zeichnungen bzw. Rasterungen. Darüber hinaus wird den Latex-Gummiklischees besondere Schonung der Maschinen und längere Haltbarkeit bei unveränderter Schärfe der Wiedergabe, nachgerühmt.

Aus Gründen der Vollständigkeit sei zum Abschluß noch erwähnt, daß während diese Zeilen in Druck gehen, das Interesse für einen pulverförmigen Rohgummi plötzlich wieder wachgerufen worden zu sein

⁶⁷ D. R. P. 402 767/24

⁶⁸ A. P. 1 720 716/29; 1 723 581/29; F. P. 536 936/29; E. P. 286 661/28

scheint. Alle diesbezüglich bekanntgewordenen Verfahren gehen von Latex aus und erreichen ihren Zweck teils durch zweckentsprechend geführte Koagulation, teils durch Versprühen bzw. mit Dextrin versetzten Latex, teils durch Einmischung übermäßig großer, zur krümeligen Koagulation führenden, Füllstoffmengen. Über die Bedeutung dieser Verfahren schon heute ein abschließendes Urteil abzugeben, wäre verfrüht. Ihre weitere Ausarbeitung und sachgemäße Anwendung dürfte aber der Gummi-Industrie zumindest den Weg weisen, die Gebiete zurück zu erobern, die ihr die Kunstharzindustrie mit der Herstellung geformter Preßartikel, in steigendem Maße geraubt hat.⁶⁹

Faßt man das Ergebnis der gemachten Ausführungen zusammen, so wird man selbst bei streng objektiver Beurteilung zugeben müssen, daß die direkte Verarbeitung von Latex in den letzten Jahren nicht mehr auf Anwendungsgebiete beschränkt war, die der eigentlichen Gummi-Industrie fernestehen, sondern daß sie sich auch heute schon Gebiete erschlossen hat, die man noch bis vor ganz kurzer Zeit als für die direkte Verarbeitung von Latex als verschlossen bezeichnen mußte. Daß man daher auch heute mit voller Berechtigung von einer eigenen »Technologie der Latexverarbeitung« reden darf, werden selbst die zugeben müssen, die noch vor wenigen Jahren hierfür nur ein mitleidiges Lächeln aufbringen konnten. Die Zeit, in der die wenigen, die der direkten Verarbeitungsmöglichkeit von Latex für die verschiedensten Zwecke eine große Zukunft und Entwicklung voraussagten, nicht ernst genommen wurden, ist vorüber. Daß ihre Auffassung richtig war und daß die von ihnen für diesen Gedanken aufgewandte Energie weder durch den Pessimismus anderer noch durch die naturgemäß bei der Entwicklung einer neuen Richtung sich ergebenden Rückschläge nicht umsonst vergeudet war, beweist heute die Tatsache, daß so mancher, der noch vor wenigen Jahren die Entwicklung einer selbständigen Latex-Technologie negiert hatte, heute vielfach mit besonderem Eifer für die direkte Latexverarbeitung in Wort, Schrift und Tat eintritt, und daß die führenden Unternehmungen der Weltkautschukindustrie die Bedeutung der Latexverarbeitung durch eine Zusammenfassung ihrer Latexinteressen vor der ganzen Welt dokumentiert haben. Dies zum Abschluß an dieser Stelle noch einmal auszusprechen, erscheint mir als eine Ehrenpflicht all denen gegenüber, die sich diesen Gedanken von Anfang an als Ziel gesetzt hatten und von denen es manchen nicht mehr vergönnt war, den nunmehr unausbleiblichen Erfolg mit zu erleben.

⁶⁹ Siehe z. B. die zusammenfassende Darstellung von Noble im I. R. W. (August) 1934

DIE OXYDATION UND ALTERUNG DES KAUTSCHUKS

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES ALTERUNGSSCHUTZES
UND DER BESCHLEUNIGTEN ALTERUNGSPRÜFUNG
SEINER ERZEUGNISSE

VON DR. F. F. KIRCHHOF, HARBURG, ELBE

Einleitung

Kautschuk ist, wie die meisten organischen Naturstoffe, starken zeitlichen Veränderungen unterworfen, die als »Alterungserscheinungen« bezeichnet werden.

Kennt man den genauen Aufbau eines organischen Natur- oder Kunststoffes, so kann man auch sein Verhalten beim »Altern«, das bei vielen dieser Stoffe vorwiegend auf Oxydation beruht, weitgehend voraussagen.

Beim Kautschuk und seinen Verwandten (Balata und Guttapercha) hat man vielfach den umgekehrten Weg beschritten: Man hat versucht, durch oxydativen Abbau genaueren Einblick in ihre chemische und physikalische Konstitution zu erhalten.

Die grundlegenden Forschungen von C. D. Harries und seiner Mitarbeiter, die ersterer in seinem Buche »Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Kautschukarten« zusammenfaßte, können hier als bekannt vorausgesetzt werden.¹ Sie lieferten den einwandfreien Nachweis, daß der natürliche Kautschuk-Kohlenwasserstoff von *Hevea brasiliensis* und nahe verwandten Arten im wesentlichen aus Gliedern der Form: $\text{--- C}(\text{CH}_3)\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH} \text{---}$ zusammengesetzt ist, die beim Abbau des Kohlenwasserstoffs mittels Ozon und darauffolgender Spaltung als Laevulinaldehyd bzw. Laevulinsäure in Erscheinung treten.

Über die genaué Art der Verkettung dieser C_5H_8 -(Isopenten-)gruppen herrschte längere Zeit Unklarheit und ist eine restlos anerkannte Formel auch heute noch nicht aufstellbar. Harries nahm ursprünglich eine Vereinigung von zwei derartigen Gliedern zum Oktadienring an, während er sich eine große Anzahl solcher Glieder durch »Partialvalenzen« zu den Kolloidmolekülen des Kautschuk vereiniget dachte (Grundidee der späteren Micellar-Theorie). Doch mußte bereits Harries 1914 aus rein chemischen Gründen den »Ring« nach und nach auf 25 bis 40 C-Atome erweitern.

In weiterer Entwicklungsfolge erwies sich auch diese letztere Annahme als zu beschränkt und daher mit vielen Beobachtungen nicht vereinbar.

Auf Grund langjähriger systematischer Untersuchungen, insbesondere H. Staudingers und seiner Schule, kann man heute die Existenz langer Fadenmoleküle als gesichert ansehen, die die oben erwähnte

¹ Verlag G. Springer, Berlin, 1919

Gruppe C_5H_8 in etwa 1000 bis 3000maliger linearer Verkettung enthalten.²

In dieser Hinsicht steht Kautschuk keineswegs vereinzelt da, man kann solche langen Kettenmoleküle auch künstlich aufbauen (z. B. Polystyrole, Polyvinylacetat u. a.) und gerade das Studium dieser Verbindungen hat gezeigt, daß sie als geeignete Modelle für den Bau des Kautschuk-Kohlenwasserstoffes dienen können.

Solche langen Kettenmoleküle besitzen nun häufig labile Stellen, die der Einwirkung chemischer Agenzien, insbesondere dem Sauerstoff gegenüber, relativ empfindlich sind. Beim Kautschuk liegen nun nach *Staudinger* diese labilen Stellen nicht etwa in den »Doppelbindungen«, sondern zwischen CH_2 -Gruppen der Hauptkette. Die Wirkung des Sauerstoffs an diesen Stellen hat man sich in folgender Weise vorzustellen: Im ersten Stadium der Einwirkung kommt es zur Anlagerung der O_2 -Moleküle (Peroxydbildung) bzw. zu dreidimensionaler Verkettung einzelner Fadenmoleküle durch Sauerstoffbrücken, was zur Bildung des »unlöslichen« Kautschuks führt. In weiterer Folge, insbesondere in Lösung und bei höherer Temperatur, findet eine Sprengung der Sauerstoffbrücken und damit eine Spaltung der langen Fadenmoleküle in kürzere Teilstücke statt (oxydative Verkrackung).

Auch für den ursprünglichen Zustand des Kautschuks im Latex nimmt *Staudinger* an, daß die zähen Außenhüllen der Latexteilchen aus dreidimensionalen Molekülen bestehen, die durch schwache Oxydation aus den primären Fadenmolekülen entstanden sind, während das zähflüssige Innere auch weiterhin aus solchen zusammengesetzt bleibt. Diese Auffassung würde auch gleichzeitig eine Erklärung dafür bilden, warum auch reinster gereinigter Naturkautschuk stets geringe Mengen von chemisch gebundenem Sauerstoff enthält.

1. Wissenschaftlich-Technische Untersuchung über Oxydation und Alterung des Kautschuks

a) Strukturelle Veränderungen des Kautschuks während der Bearbeitung

Bereits mit Beginn der Verarbeitung des Rohkautschuks zu Kautschukmischungen treten mehr oder weniger tiefgreifende Veränderungen seiner chemischen und physikalischen Struktur ein.

Wie die schönen Untersuchungen *H. Freundlich's* und *E. A. Hausers*³ zeigten, stellt gewöhnlicher unmastizierter Rohkautschuk eine Masse dar, die aus enggedrängten, diskreten Kügelchen besteht, welche letztere im Latex bekanntlich in freiem Zustand in Brownscher Bewegung befindlich vorkommen. Letztere geht bei der Koagulation oder auch beim Eindunsten des Latex naturgemäß verloren. Diese Ergebnisse wurden durch die Arbeiten von *Sebrell, Park* und *Martin, van Rossem, de Vries* und anderen bestätigt. Mikrosko-

² Vgl. eine zusammenfassende Darstellung der diesbezüglichen Literatur in dem Beitrag: Über Isopren und Kautschuk von *Staudinger, H.* — *Z. angew. Chem.* 45 (1932) S. 276 und 292

³ *Kolloid-Z.* 26 (1925) *Zsigmondy-Festschrift*

pische Untersuchungen von E. A. Grenquist⁴ zeigten, daß ungebrochener smoked sheet seine Globularstruktur bei der Koagulation und dem Walz- und Räucherprozeß auf der Plantage bereits teilweise verloren hat. Bei der Mastikation zeigte dieser Kautschuk eine stufenweise Zerstörung der Kügelchen derart, daß schließlich im totgewalzten Gummi eine fast homogene Grundmasse mit wenig kleinen Kügelchen bestehen blieb, welche letztere der Zerstörung anscheinend stärkeren Widerstand boten als die größeren. Die Proteine und Kautschukharze zeigten dagegen eine fortschreitende Aggregation. In acetonextrahiertem Rohkautschuk war die Globularstruktur vollständig verschwunden.

Während der Mastikation ist der Kautschuk nicht nur mechanischer Beanspruchung sondern auch Wärme, Licht und Luftsauerstoff ausgesetzt. Während Temperaturen unter 100° C nach Untersuchungen von Heurns und de Vries nur geringen Einfluß auf Kautschuk zu haben scheinen, ist derjenige höherer Temperatur, besonders in Gegenwart von Luft viel tiefergehend. Staudinger und Geiger⁵ fanden, daß der Erweichungspunkt mit der Mastikation und Erhitzungsdauer und mit der Gegenwart oder Abwesenheit von Sauerstoff variiert. Van Rossem⁶ schloß bereits 1913 aus diesbezüglichen Versuchen, daß die Wärmedepolymerisation katalytisch durch Sauerstoff beschleunigt würde. Aus diesen übereinstimmenden Ergebnissen geht hervor, daß zwei deutlich verschiedene Wirkungen bei der Mastikation zu unterscheiden sind, eine solche durch Wärme allein und eine weitere, die im Verein mit dem Luftsauerstoff verursacht ist. Beide Faktoren verringern sowohl die Plastizität des festen Kautschuks als auch die Viskosität seiner Lösungen.

Grenquist⁷ führte messende Plastizitätsversuche über die Wirkung von Erhitzen und von Mastikation des Rohkautschuks aus. Hiernach verringerte zweistündiges Erhitzen auf 120° C die Plastizität nicht so stark wie 90 Minuten Mastikation in Luft bei 56° C. Auch die Reaggregation nach 30tägigem Ruhen war in ersterem Falle größer als bei der Mastikation. Dieses Verhalten findet eine Bestätigung durch refraktometrische Messungen des Verfassers.⁸

Eine weitere Bestätigung des fundamentalen Einflusses des Luftsauerstoffes auf den Mastikationsvorgang erbrachten Versuche, die in Sauerstoff bzw. in Kohlensäure in Verbindung mit Plastizitätsmessungen ausgeführt wurden. Bereits Poritt und Fry⁹ hatten Rohkautschuk in Luft, Sauerstoff, inerten Gasen und im Vakuum erhitzt und den Einfluß der ersteren auf die Mastikation festgestellt. Grenquist (l. c.) arbeitete mit einer Bierer-Davis-Bombe (siehe später) bei 70° C und 21 Atü Sauerstoffdruck, in der er die Rohkautschuksheets verschieden lange

⁴ Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 665

⁵ Helv. chim. Acta 9 (1926) S. 549

⁶ Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 759

⁷ Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 759

⁸ Zur Refraktometrie der Kautschuk- und Guttapercha-Kohlenwasserstoffe

»Kautschuk« 8 (1932) S. 137

⁹ Trans. I.R.I. 3 (1927) S. 203

Zeit (bis zu 72 Stunden) beließ. Die Wiederholung der analogen Versuche in CO_2 -Atmosphäre sollte den Anteil des Plastizitätsrückganges, der auf die Erhitzung entfiel, anzeigen. Die Verminderung der elastischen Eigenschaften, gemessen an der Plastizität und der Erholung (Reaggregation) war bis zu 24 Stunden in O_2 und CO_2 praktisch die gleiche, obwohl der Rückgang im Sauerstoff anfänglich wesentlich stärker war als im Kohlendioxyd. Nach 24 Stunden blieb die Plastizitätskurve beim CO_2 -Versuch ziemlich konstant, während diejenige des O_2 -Versuches beständig abfiel. Diesem Ergebnis entsprach die mikroskopische Beobachtung. Während in der Sauerstoffbombe die Latexkügelchen verschwunden und Aggregationen der Harz- und Eiweißhüllen zu sehen waren, blieb im CO_2 -Versuch die Globularstruktur des Kautschuks fast vollständig erhalten.

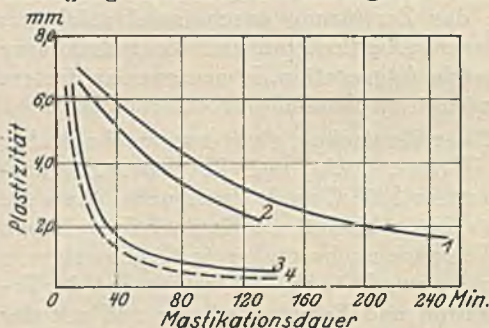


Abb. 1042. Beziehung zwischen Kautschuk-Plastizität und Mastikationsdauer in versch. Gasen (nach F. H. Cotton)
 1, 2 Mastikation in Stickstoff
 3 Mastikation in Luft
 4 Mastikation in Sauerstoff

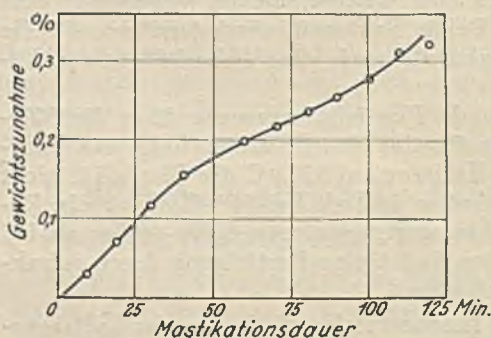


Abb. 1043. Gewichtszunahme von Rohgummi bei der Mastikation in Luft (nach F. H. Cotton)

behalten (Abb. 1042). Cotton konnte auch zeigen, daß der Rohkautschuk bei der Mastikation kontinuierlich Sauerstoff bis zu einem Betrage von etwa 0,3% aufnimmt, wobei bereits deutliches Klebrigwerden stattfindet (Abb. 1043). Abweichend von allen Genannten nimmt C. W. Shacklock¹² Ozon als Ursache der Veränderungen an, das zufolge der elektrischen Entladungen bei der Mastikation auftritt.

¹⁰ I.R.J. 82 (1931) S. 590. Die Versuche wurden gemeinsam mit Stamberger, P., und Blow, C. M., begonnen.

¹¹ Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 140

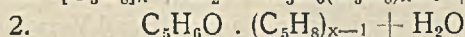
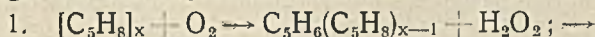
¹² Trans. I.R.I. 6 (1930) S. 875

Das Ergebnis aller dieser Untersuchungen zeigt übereinstimmend den wesentlichen Einfluß, den der Luftsauerstoff auf die Depolymerisation des Kautschuks bei der Mastikation ausübt, so daß man dasselbe auch in dem Satz zusammenfassen kann: Keine Mastikation ohne gleichzeitige Sauerstoff - Depolymerisation des Rohkautschuks. Obwohl ein gewisser Grad von Depolymerisation zweifellos die Aufnahme von Füllstoffen sowie die Einleitung der Vulkanisation erleichtert, so ist es andererseits wahrscheinlich, daß die bei der Mastikation eingetretenen chemischen Veränderungen des Kautschuks sich unter Umständen auch in den fertigen Vulkanisaten bei ihrer natürlichen Alterung bemerkbar machen können.

b) Chemismus der Oxydationsvorgänge am Rohkautschuk

Die im vorstehenden geschilderten Veränderungen des Kautschuks während der Mastikation und des Einmischens der Zusätze hängen zweifellos weitgehend mit seiner chemischen Struktur zusammen. Wie Verfasser¹³ bereits vor 20 Jahren feststellen konnte, sind die ersten Einwirkungsprodukte des Luftsauerstoffs auf Kautschuk Peroxyde, was in Anbetracht seiner ungesättigten Natur zu erwarten war.¹⁴

Indessen scheint letztere nicht als die alleinige Ursache des Auftretens dieser Primäroxyde verantwortlich zu sein. Wie H. Wieland¹⁵ u. a. zeigen konnten, finden Autoxydationsvorgänge bei den meisten wasserstoffhaltigen Kohlenstoff-Verbindungen als Vorstufe zu weiteren oxydativen Veränderungen statt. Das Wesentliche der Autoxydation besteht hiernach in einer H-Aktivierung unter Bildung von H₂O₂ als erste Zwischenstufe. Letzteres ist demnach als der eigentliche Sauerstoffüberträger bei der Oxydation anzusehen.¹⁶



Mit dieser Theorie in gutem Einklang steht die vielfach gemachte Beobachtung der relativ langen Induktionsperiode bei Rohkautschuk (Gleichung 1), die nicht erklärlich wäre, wenn der Autoxydationsvorgang primär an den ungesättigten Bindungen stattfinden würde, etwa wie bei den rasch trocknenden Ölen. Auch die oben erwähnte minimale Gewichtszunahme (einige Zehntel Prozent) des Rohkautschuks bei der Mastikation sowie der Nachweis von H₂O₂ bei derselben¹⁰ stimmen mit dieser ersten Phase der H-Aktivierung gut überein.

Der Vorgang der Autoxydation ist im einzelnen zweifellos recht kompliziert, wie die eingehenden Arbeiten von Ch. Moureu, Ch. Dufraisse und deren Mitarbeiter¹⁷ erkennen lassen. Außer rein stöchio-

¹³ Kolloid-Z. 13 (1913) S. 49. Vgl. auch Peachey, St. J. — J. Soc. chem. Ind. 31 (1912) S. 1003 u. Ostwald, Wo. — ibid. 32 (1913) S. 179

¹⁴ Engler, C., u. Weißberg, J., Kritische Studien über die Vorgänge bei der Autoxydation. Braunschweig 1904.

¹⁵ Ber. 59 (1926) S. 1180

¹⁶ Rieche, H. — Z. angew. Chem. 45 (1932) S. 441

¹⁷ Chem. Rev. 3 (1926) S. 133; Rev. gén. Caout. (1927) Nr. 34; Chem. Ind. 47 (1928) S. 819; Dufraisse, Ch., Rev. gén. Caout. (1932) Nr. 85 u. 86

metrisch-oxydativen Vorgängen nehmen die genannten Forscher noch solche an, bei denen der Sauerstoff nur spurenweise (katalytisch) an der Reaktion teilnimmt. Als Beispiel für eine derartige Reaktion führen sie die Umwandlung von Acrolein in Disacryl an, die durch Spuren von Sauerstoff, die nur ein Hunderttausendstel der Acroleinmenge ausmachen, bewirkt werden, während bei Überschuß an ersterem keine derartige Polymerisation, sondern Oxydation zu Acrylsäure erfolgt. Demnach entstehen aus Kautschuk bei längerer Luft- oder Sauerstoffeinwirkung aceton- und benzollösliche, harzartige Oxydationsprodukte von teils lactonartigem, teils saurem Charakter (Carbonsäuren bzw. Oxy-carbonsäuren), unter denen Laevulinsäure mittels der sehr empfindlichen Pyrrolprobe nachweisbar ist.¹⁸ Die Zwischenphasen stellen Produkte dar, die selbst noch oxydabel sind, so daß ein scharfer Endpunkt bei der Oxydation von Rohkautschuk nicht zu erkennen ist, während bei Gutta-percha ein solcher bei etwa 38% Gewichtszunahme erreicht zu sein scheint.¹⁹ Unter den flüchtigen Oxydationsprodukten des Rohkautschuks finden sich noch CO₂, H₂O, Formaldehyd und Ameisensäure. Das mittlere Molekulargewicht der harzartigen Produkte deutet auf einen Abbau der langen Ketten bis auf etwa 20 bis 10 C-Atome hin.

c) Leimig- und Klebrigwerden von Rohkautschuk

Während man früher allgemein lediglich Oxydation als die Veranlassung von Leimigwerden von Rohkautschuk betrachtete, wozu besonders die Versuche Fickendays beitrugen, konnte D. Spence²⁰ bereits früher zeigen, daß es sich hierbei vielfach nur um Aggregationsänderungen im physikalischen Sinne handeln müßte. So zeigte es sich, daß besonders mit verdünnter Schwefelsäure koagulierter Latex einen Kautschuk lieferte, der zum Leimigwerden neigte. Der leimig gewordene Kautschuk zeigt verringerte Plastizität und Verminderung der Viskosität seiner Lösungen im Verhältnis zu gleichkonzentrierten von normalem Kautschuk. Leimig gewordener Rohkautschuk besitzt demnach große Ähnlichkeit mit stark mastiziertem Kautschuk, der nach Grenquist (l. c.) ja ebenfalls eine Änderung seiner Globularstruktur erfahren hat. Dies spricht sehr deutlich dafür, daß den Schutzkolloiden (Harzen und Proteinen), die die einzelnen Kautschukkügelchen umhüllen, eine wichtige Rolle für die Erhaltung des Normalzustandes zukommt.

Man wird nicht weit fehlen, den Vorgang des Leimigwerdens so zu definieren: Physikalische oder chemische Vorgänge, die geeignet sind, die Schutzkolloide der Kautschukglobuloide zu lösen, abzubauen oder zu aggregieren, bewirken eine Verminderung oder Aufhebung der Globularstruktur und damit eine Vergrößerung der Oxydationsempfindlichkeit des Kohlenwasserstoffs.

¹⁸ Temple, J. W. — Cadwell, S. M. — Mead, M. W. — Ind. Engng. Chem. (Anal. Ed.) 2 (1931) S. 377

¹⁹ Kemp, A. R. — Bishop, W. S. — Laselle, P. A. — Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 1444

²⁰ Kolloid-Z. 4 (1909) S. 70

In guter Übereinstimmung hiermit steht die starke Neigung zum Leimigwerden von acetonextrahiertem oder anderswie entharztem Kautschuk²¹ sowie von stark mastiziertem Rohkautschuk. Die zweite Phase des Leimigwerdens steht zweifellos mit Autoxydations- und Oxydationsvorgängen in Beziehung, die sowohl durch organische (Peroxydasen) wie durch anorganische Katalysatoren (lösliche Kupfer-, Mangan- und Ferroverbindungen) beschleunigt werden können. Ähnlich depolymerisierend wie die genannten Faktoren wirkt ultraviolettes Licht insbesondere auf gelösten Kautschuk in Gegenwart von Sauerstoff ein.²²

In diesem Zusammenhange gewinnen die natürlichen Begleitstoffe des Kohlenwasserstoffes im Rohkautschuk — die sogenannten Kautschukharze und die Proteine — erhöhte Bedeutung für die Stabilisierung und Konservierung unseres Kolloids.

Hier scheint nach den eingehenden Untersuchungen G. Martins²³, sowie H. A. Brusons, L. B. Sebrells und W. W. Vogts²⁴ der Hauptanteil der Schutzwirkung den N-haltigen Proteinen bzw. den in äußerst geringen Mengen vorhandenen unverseifbaren Anteilen der Hevea-Kautschukharze (Sterinen) zuzukommen, während die gesättigten und ungesättigten Fettsäuren anscheinend von nur untergeordneter Bedeutung für die Konservierung sind. Hingegen vertritt St. Whitby²⁵ die Ansicht, daß auch die ungesättigten Fettsäuren des Kautschuks zufolge ihrer größeren Affinität zum Sauerstoff eine Schutzwirkung in bezug auf ersteren ausüben, aber nur solange, als sie selbst nicht oxydiert (ranzig) sind (van Rossem und Dekker⁵⁸).

Eine höchst interessante Beobachtung Martins (l. c.) lehrt, daß jene Rohkautschuksorten, die bei fortgesetzter Vulkanisation am längsten hohe Bruchfestigkeit bewahren, die also einen »Plateau-effekt« aufweisen, auch die besten Werte bei der Alterung ergeben. Dies deutet darauf hin, daß es sich hier um Substanzen zu handeln scheint, die sich bei der Vulkanisation bzw. Oxydation gleichartig verhalten. Es ist anzunehmen, daß die Wirkung dieser natürlichen Konservatoren hauptsächlich darin besteht, daß sie den Aggregationsgrad auch des vulkanisierten Kautschuks für längere Zeit aufrechterhalten. Die gleiche Erklärung dürfte auch für die Überlegenheit der aus Latex oder Latexkonzentraten hergestellten Gummiartikel gegenüber natürlicher und künstlicher Alterung zutreffen, desgleichen mehr oder minder für alle Erzeugnisse aus sogenannten »Wholerubber«-Sorten.

d) Die Oxydation von vulkanisiertem Kautschuk

Die Oxydation von vulkanisiertem Kautschuk unterscheidet sich in mancher Hinsicht von derjenigen des Rohkautschuks. Wenngleich Kaut-

²¹ Bekanntlich zeigte De Vries (Arch. d. R. C. 9 (1926) S. 715, 721), daß mit Natronlauge aufbereiteter Kautschuk stark zum Klebrigwerden neigt.

²² Garner, T. L. — Die Klebrigkeit von unvulk. Kautschuk, Trans. I.R.I. 4 (1929) S. 413

²³ Trans. I.R.I. 2 (1927) S. 354

²⁴ I.R.W. 76, 77 (1927)

²⁵ Trans. I.R.I. 1 (1923) S. 21

schuk durch die Vulkanisation zweifellos weniger temperatur- und quellungsempfindlich geworden ist, zeigt er andererseits gegenüber o x y d a t i v e n Einflüssen im allgemeinen größere Empfindlichkeit. Hierbei besteht allerdings zwischen dem Verhalten verschiedener Vulkanisationsgrade ein auffallender Unterschied.

Wenn wir uns über die Natur der Veränderungen, denen vulkanisierter Kautschuk bei der Oxydation unterliegt, ein klares Bild machen wollen, so erscheint es angezeigt, uns den heutigen Stand des Vulkanisationsproblems vor Augen zu führen.

Von allen bis jetzt entwickelten chemischen Vulkanisationstheorien zeichnet sich die in jüngster Zeit von J. T. B l a k e im Verein mit C. R. B o g g s²⁶ entwickelte durch exakte experimentelle Fundierung und große Klarheit in der Konzeption sowie dadurch aus, daß sie die wesentlichsten Erscheinungen am vulkanisierten Kautschuk in befriedigender Weise zu erklären vermag.²⁷ Es soll daher im folgenden die Heißvulkanisation auf Grund dieser Theorie kurz skizziert werden.

1. Die Heißvulkanisation ist im wesentlichen ein chemischer Vorgang, bedingt durch die ungesättigten Bindungen des Kautschuk-Kohlenwasserstoffs (Hydro-Kautschuk ist bekanntlich nicht vulkanisierbar).

2. Es lassen sich deutlich zwei stabile Produkte der Vulkanisation unterscheiden: Weichgummi und Hartgummi (Ebonit). Zwischen diesen beiden Stadien ist noch als Zwischenstufe der lederharte Weichgummi festzustellen, der sich durch große Oxydationsempfindlichkeit auszeichnet.

3. Mit gewissen Agentien wie z. B. Selen, Di- und Trinitrobenzol ist nur das Weichgummistadium zu erreichen. Hierzu sind auch die mit Benzoylsuperoxyd erhaltenen Vulkanisate zu rechnen (O s t r o m i s l e n s k i, B u n s c h o t e n, v a n R o s s e m).²⁸

²⁶ Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 748; ferner ebd.: Blake, J. T., Studies on the Vulcanisation of Rubber — S. 737—747

²⁷ Es sei bemerkt, daß die Boggs-Blakesche Vulkanisationstheorie als rein chemische Theorie auf die kolloidchemischen und röntgenoskopischen Verhältnisse des Kautschuks wenig oder gar keine Rücksicht nimmt. Es bleibt abzuwarten, wie weit sich letztere mit der rein chemischen Seite der Vulkanisation in Übereinstimmung bringen lassen werden. (Vgl. das Krit. Referat von Hauser, E. A., Kautschuk 7 (1931) S. 33

Der Boggs-Blake'schen Auffassung der Weichgummivulkanisation wäre die Anschauung anderer Forscher (vgl. die Diskussions-Bemerkungen anlässlich des Referates von Loewen, H., über Vulkanisation anlässlich der 5. Hauptversammlung der D. K. G. in Eisenach, Kautschuk 7 (1931) S. 188), entgegenzustellen, derzufolge bei der Primärvulkanisation eine brücken- oder leiterartige Verkettung der langen Kohlenwasserstoff-Ketten durch wenige S-Atome stattfindet, die zur Bildung 3-dimensionaler Gebilde führt (analog dem unlöslichen Kautschuk Staudingers), die ihre gegenseitige Beweglichkeit und daher auch Löslichkeit weitgehend verloren haben, und nur noch quellbar sind. Letztere Erscheinungen lassen sich nach der Brückenbindungstheorie zweifellosg ungezwungener erklären als nach derjenigen von Boggs und Blake. Als eine aussichtsreiche Weiterbildung der letzteren kann die von Nordlander, B. W. (Kinetik der Vulkanisation, J. phys. Chem. 34, 1873—1902, 1930; ref. Kautschuk 7 (1931) S. 228 und Kautschuk 8 (1932) S. 13), entwickelte Anschauung angesehen werden.

²⁸ Kautschuk 7 (1931) S. 202

4. Vulkanisationsbeschleuniger fördern nur die Weichgummivulkanisation, während sie auf die Hartgummibildung praktisch ohne Einfluß sind. Durch die Verwendung der Beschleuniger wird gleichzeitig die zur Erreichung des mechanischen Optimums notwendige Schwefelmenge herabgesetzt, während die zur Erzielung des Hartgummistadiums erforderliche Schwefelmenge praktisch unbeeinflusst bleibt.

5. Die zur Erreichung des mechanischen Weichgummioptimums notwendige Minimal-Schwefelmenge wurde in Gegenwart organischer Beschleuniger bei ungefähr 0,5% gebundenem Schwefel gefunden.²⁹

6. Das Stadium der Weichgummivulkanisation erreicht bei etwa 5% gebundenem Schwefel (Vulkanisationskoeffizient 5) mit einem Optimum der Bruchfestigkeit seinen Abschluß, bei beschleunigten Mischungen tritt dasselbe entsprechend der Aktivität des Beschleunigers bereits bei niedrigerem Gehalt an gebundenem Schwefel ein, während bis zu etwa 25% gebundenem Schwefel (auf 100 K.) das lederartige Stadium mit einem Minimum an Bruchfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Alterung reicht³⁰ (siehe Abb. 1044). Mit fortschreitender Hartgummibildung steigt die mechanische Festigkeit sowie der Widerstand gegen Oxydation abermals an, entsprechend der Vervollständigung der Absättigung der ungesättigten Bindungen.

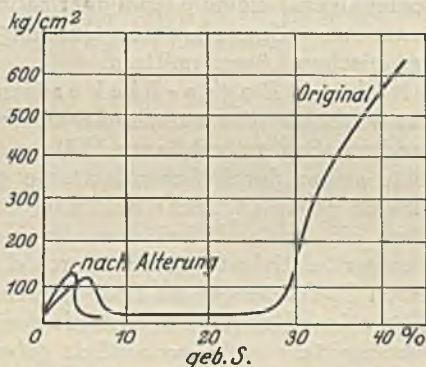


Abb. 1044. Beziehung zwischen Bruchfestigkeit und Vulkanisations-Koeffizient bei reinem Kautschuk-S-Vulkanisat (nach Boggs und Blake)

7. Zur Erklärung des verschiedenartigen Verhaltens des Kautschuks bei der Weich- bzw. Hartgummivulkanisation ziehen Boggs und Blake die besondere Struktur des Kautschukmoleküls heran. Durch die Bildung der langen C-Ketten und deren Spiralstruktur³¹ werden die im Innern der Spiralketten liegenden Doppelbindungen infolge gegenseitiger Absättigung weniger reaktionsfähig sein, während die an den Enden der Ketten befindlichen »freien« Doppelbindungen ihre Reaktions-

²⁹ Rev. gén. Caout. Oktober 1931, S. 19. Nach diesen neueren Arbeiten von Bruni, G., liegt die zur Erzielung minimalster Vulkanisation notwendige S-Menge bei Anwendung von Vulkazit »P« als Beschleuniger bei 0,15% S, was durch die Untersuchung von Hauser, E. A., und Wolf, H. (Kautschuk 7 (1931) S. 186), bei Verwendung von »Barak« bestätigt werden konnte. Technisch brauchbare Vulkanisate können mit diesen minimalen S-Quantitäten natürlich nicht erzielt werden. Dieses erste Stadium der Vulkanisation wurde übrigens bereits vor 20 Jahren von Harries, C. (l. c.), festgestellt und als »Primärvulkanisation« bezeichnet. Vgl. auch Kirchof, F. — Kolloid-Z. 26 (1920) S. 168

³⁰ Vgl. auch Glancy, Wright u. Oon — I. R. W. 73 (1926) S. 263

³¹ Mark, H., und Fikenscher, H. — Kautschuk 6 (1930) S. 2; Kirchof, F. — Kautschuk 6 (1930) S. 31

fähigkeit behalten und bei der Vulkanisation mit Schwefel, Se- oder Nitrogruppen reagieren (Reaktionen erster Ordnung). Bei fortdauernder Erhitzung mit freiem Schwefel werden nach und nach auch die nach dem Innern der Ketten zu liegenden Doppelbindungen aktiviert und unter Schwefelbindung gesättigt, was über das lederharte Stadium schließlich zum Ebonit mit 47,1% Schwefel führt (S-förmige Kurven zweiter Ordnung).

Selen und Nitrokörper sind, jedenfalls zufolge geringerer Affinität, nicht befähigt, diese zweite Art der Vulkanisation zu bewirken.³² Von Interesse in diesem Zusammenhang ist die Beobachtung I. R. S c o t t s³³, derzufolge Nitrokörper (im Gegensatz zu Schwefel und organischen Beschleunigern) keine Depolymerisation bewirken, gemessen an dem sogenannten »Zuwachs« der Quellung von vulkanisiertem Kautschuk in organischen Lösungsmitteln.

Nach der B o g g s - B l a k e schen Auffassung der Vulkanisation ist das Verhalten der verschiedenen Vulkanisate gegenüber Sauerstoff folgendermaßen zu erklären: Während der typische Weichkautschuk zufolge seiner durch Schwefelatome gesättigten endständigen Doppelbindungen gegen O₂ recht beständig ist, ergibt sich beim lederharten Stadium ein Zustand, bei dem die inneren Doppelbindungen mehr oder weniger »aktiviert« sind, wodurch die Hartgummibildung gewissermaßen durch O₂-Bindungen zu Ende geführt wird. Dieses Stadium ist daher zufolge seiner Unbeständigkeit, die auch durch Verwendung von Alterungsschutzmitteln nicht wesentlich gebessert werden kann, für technische Zwecke ungeeignet. Der chemisch vollständig gesättigte Zustand des Ebonits schließlich ist, auch zufolge der stark verringerten Löslichkeit des Sauerstoffs in ihm, gegen letzteres Agens wieder außerordentlich beständig, was ja zur großen technischen Bedeutung dieses Kautschukderivates beigetragen hat. Eine oberflächliche Veränderung (Grünwerden) findet übrigens auch bei Hartgummi an der Luft und im Licht infolge Bildung von Oxydationsprodukten und freier Schwefelsäure statt.³⁴

Die mehr oder weniger große Neigung der Weichgummivulkanisate zur Oxydation und Alterung erklärt sich demnach nach der Theorie von B o g g s und B l a k e als eine Folge ihres mehr oder minder fortgeschrittenen mittleren Stadiums, das man bekanntlich als das der »Übervulkanisation« bezeichnet. Diese kann in Gegenwart von freiem Schwefel auch nachträglich beim Lagern in der Wärme eintreten. In Abwesenheit von freiem Schwefel tritt hier dagegen sogenannte »Reversion« ein, ein Vorgang, der für die Regeneration der Vulkanisate technische Bedeutung besitzt und der zufolge damit verbundenen Depolymerisationserscheinungen den Kautschuk gegen Oxydation empfindlicher macht.

Das unterschiedliche Verhalten der Weichgummivulkanisate bei der

³² In Verbindung mit freiem S neigt aber Se (Vandex) zur Übervulkanisation, da es dann ähnlich wie ein Beschleuniger wirkt; daher Vorsicht bei der S-Dosierung!

³³ Trans. I.R.I. 5 (1929) S. 95

³⁴ Webster, D. M., und Porrit, B. D. — I.R.J. 79 (1930) S. 239

Oxydation wurde vom Verfasser in seiner bereits zitierten Arbeit und neuerdings an zwei charakteristischen Beispielen beschrieben³⁵ (siehe Abb. 1045).

Während das Vulkanisat A 15 den Oxydationsverlauf bei einer stark beschleunigten, schwach schwefelhaltigen Mischung wiedergibt (Vulkanisationskoeffizient etwa 1), zeigt B 90 denselben bei einer typischen Paraqualität mit 8% Mischungsschwefel (Vulkanisationskoeffizient 4,9). Während die Kurve von A 15 den charakteristischen S-förmigen Verlauf der Autoxydation aufweist (lange Induktionsperiode), zeigt B 90 bald nach Beginn der Oxydation starken Gewichtsanstieg. Dementsprechend ist in letzterem Falle der Endpunkt der Oxydation in etwa zwei Drittel der Zeit als in ersterem erreicht, zum Teil auch zufolge der geringeren O₂-Menge, die zur Sättigung von B 90 notwendig ist.

Wie der Oxydationsverlauf als solcher, so unterscheiden sich auch die Oxydationsprodukte des vulkanisierten Kautschuks teilweise von denen des Rohkautschuks. Wenn auch in den frühen Stadien der Oxydation des Weichkautschuks Laevulinaldehyd bzw. -säure nachweisbar sind (l. c. Anm. 18), so unterscheiden sich die Endprodukte der Oxydation doch wesentlich von denen des Rohkautschuks. Während letzterer bei entsprechend langer Oxydationsdauer fast vollständig

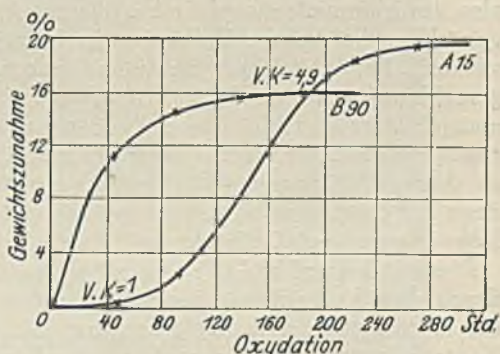


Abb. 1045. Abhängigkeit der Oxydationsgeschwindigkeit und der Gewichtszunahme im Sauerstoff vom Vulkanisationsgrad (V.K.) (nach F. Kirchof)

in acetonlösliche, harzartige Produkte übergeht, sind die Oxydationsprodukte der Vulkanisate nur zum Teil aceton- bzw. benzollöslich, während ein beträchtlicher Teil trotz hohen O-Gehaltes als unlösliche, nicht quellbare amorphe Masse zurückbleibt. Die acetonlöslichen Anteile besitzen je nach der Menge des gebundenen Schwefels der Vulkanisate mehr oder weniger stark sauren Charakter (Sulfosäuren), beim Kochen mit Alkali bilden sie, wahrscheinlich infolge von Lakton- oder Anhydridbildung unlösliche, zusammenhängende Häute, die nach dem Trocknen den unlöslichen amorphen Rückständen gleichen. Auch ein Teil des ursprünglich löslichen Acetonextraktes geht bei fortschreitender Oxydation, anscheinend aus der gleichen Ursache, in acetonunlösliche Produkte über (l. c. Anm. 35 und 37). Bei der Oxydation der Vulkanisate findet besonders bei höheren Temperaturen beträchtliche H₂O-Abspaltung statt, was neuerlich von van Rossem und Dekker³⁶ bestätigt werden

³⁵ Über die Oxydation von Kautschuk usw. Kautschuk 3 (1927) S. 239 u. 256

³⁶ Die Oxydation vulkanisierten Kautschuks, Kautschuk 5 (1929) S. 13

konnte. Während Verfasser diese Wasserbildung als eine Folge der kondensierenden Wirkung der bei der Oxydation auftretenden freien Schwefelsäure ansprach, vertreten die holländischen Forscher die Ansicht, daß es sich hier um einen Fall von *H-Aktivierung* handle, da derartige Kondensationsvorgänge auch an Rohkautschuk zu beobachten seien. Wie W. C. D a v e y³⁷ feststellen konnte, ist diese H_2O -Abspaltung in Gegenwart von Feuchtigkeit geringer als in trockener Luft.

Die Entstehung der unlöslichen amorphen Produkte scheint zweierlei Ursachen zu haben: Bei niedrigeren Temperaturen findet eine durch die spurenweise gebildete H_2SO_4 bewirkte Zyklisierung des Kautschuk-Kohlenwasserstoffs statt, auf deren Bedeutung Verfasser wiederholt hingewiesen hat (Anm. ³⁵). Dieser Vorgang vermindert ohne Substanzgewinn oder -verlust die Ungesättigtheit des Kohlenwasserstoffs. Bei höherer Temperatur scheint dagegen der Prozeß der H-Aktivierung, also gewissermaßen eine *Inkohlung*, zu überwiegen. Letzterer Vorgang kann bei hohem Vulkanisationskoeffizienten, da er stark exotherm verläuft, tatsächlich zur richtigen Verkohlung führen. Besonders frisch gemahlener, gewebehaltiger Altgummi neigt bei größerer Anhäufung und mangelhafter Durchlüftung zur Innenverkohlung und bei hinzutretendem genügendem Luftsauerstoff zur Selbstentzündung. Wesentlichen Anteil an diesem Phänomen hat der Vulkanisationsschwefel, der starke Tendenz zur Oxydation unter Bildung von SO_3 besitzt, welches letzteres unter Dehydrierung auf Cellulose und Kautschuk verkohlend einwirkt.

Diese »*Sensibilisierung*« des Kautschuk-Kohlenwasserstoffs durch den Vulkanisationsschwefel gegenüber Oxydation erklärt somit die ursprünglich paradox erscheinende Behauptung, daß vulkanisierter Kautschuk trotz größerer physikalischer Stabilität chemisch empfindlicher als Rohkautschuk sein muß.

e) Über spezielle Alterungserscheinungen an Vulkanisaten, insbesondere solche, die durch Ozon und Licht hervorgerufen werden

Eine bekannte, sowohl von Erzeugern wie Verbrauchern von Kautschukartikeln recht unangenehm empfundene Erscheinung ist das Auftreten von mehr oder weniger kleinen Rissen, so z. B. an Bremschläuchen, Auto- und Fahrradreifen, Flaschenringen usw., besonders an Stellen, die dauernd unter Spannung oder Biegung stehen, das oft ein vorzeitiges Unbrauchbarwerden dieser Artikel verursacht. Vielfach werden diese Ribildungen der Einwirkung des Sonnenlichtes zugeschrieben, womit auch die Bezeichnung »*Sonnebrechen*« (sun-cracking, sun-checking) für diese Erscheinung im Zusammenhang steht.

Wie neuere Untersuchungen, insbesondere solche von A. v a n R o s s e m und H. W. T a l e n³⁸ zeigen, hat wenigstens ein Teil der genannten Erscheinungen mit Lichtrisen wenig zu tun. Bereits I. W i l l i a m s³⁹ wies auf den Unterschied der oberflächlichen Veränderung von Kaut-

³⁷ Trans. I.R.I. 6 (1930) S. 202

³⁸ Kautschuk 7 (1931) S. 79 u. 115

³⁹ Ind. Engng. Chem. 18 (1926) S. 367

schukproben, die unter schwacher Dehnung (etwa 5%) der Einwirkung des Sonnenlichtes ausgesetzt werden, und solchen, die ohne die Einwirkung von direktem Licht auftreten, hin. Im ersten Fall bilden sich unelastische Filme von oxydiertem Kautschuk, die infolge ihrer Sprödigkeit netzartig zerreißen, im zweiten handelt es sich um feine, größtenteils parallel verlaufende Haarrisse, die nur an gedehnten Stellen auftreten, auch bei »Nachtproben« im Freien. Der Unterschied zwischen diesen beiden Erscheinungsformen ist aus der Abb. 40 deutlich zu er-

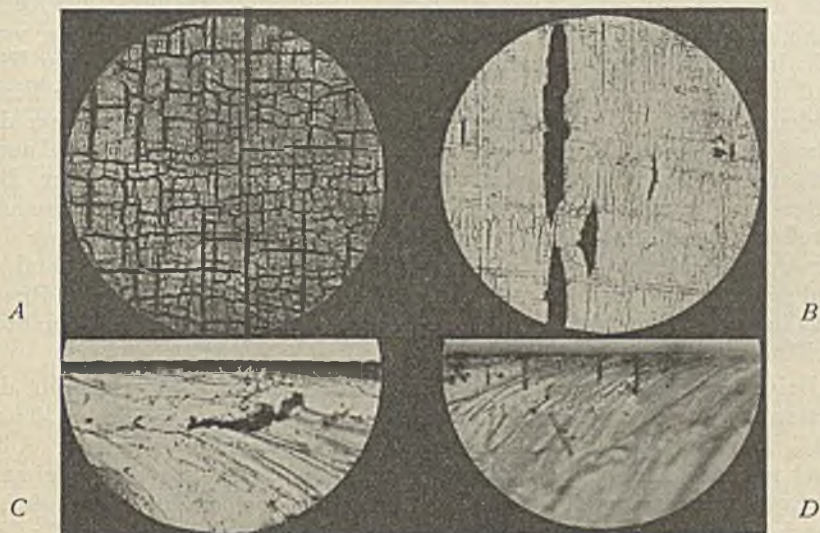


Abb. 1046. Streifen einer transparenten Mischung nach einer Woche im gedehnten Zustande im Freien (nach A. van Rossem)

A. An der Sonnenseite 24 X

B. An der Schattenseite 24 X

C. Querschnitt an der Sonnenseite 31 X

D. Querschnitt an der Schattenseite 31 X

sehen. Sonnenlicht gibt besonders bei hochwertigen Kautschukqualitäten zur Bildung von Oxydationshäutchen Veranlassung, die im Anfangsstadium bei seitlichem Zusammenquetschen der Proben als Runzelbildung, im vorgeschrittenen Zustand als sogenannte »Elefantenhaut« in Erscheinung treten.

Die Dunkel-Rißbildung im gedehnten Zustand wird bei Verwendung ozonhaltiger Luft bereits bei 0,003% Ozongehalt hervorgerufen. Die Deformation (Dehnung) der Proben ist dabei ein notwendiger Faktor. Im ungedehnten Zustand treten auch bei stärkeren Ozon-Konzentrationen keine Risse auf. Hiermit erscheint die Notwendigkeit des Zusammentreffens beider Faktoren erwiesen. Diese Tatsache wurde übrigens bereits von F. L. Haushalter⁴⁰ klar erkannt, der durch Isola-

⁴⁰ Electrical World, Aug. 1925; I.R.J. 70 (1925) S. 897. Bei längerer und intensiverer Ozon-Einwirkung auf vulkanisierten Kautschuk tritt auch hier die

lationsprüfungen mit Hochspannung auf dieses interessante Gebiet gelenkt wurde. Haushalter konnte auch zeigen, daß gedehnter Rohkautschuk unter gleichen Bedingungen stärker angegriffen wird als Weichkautschuk (normal vulkanisiert) und daß als die Ursache der Zerstörungen das bei den elektrischen Entladungen auftretende Ozon anzusehen ist. Ungedehnter Weichkautschuk wies auch nach 45 Minuten langer Coroneinwirkung (25 000 V) keine Veränderung auf.

Von Interesse ist noch der Zusammenhang zwischen Größe und Anzahl der sich bildenden Risse mit dem Vulkanisationsgrad und der Kerbzähigkeit der gedehnten Proben. Beim Entstehen eines Risses verschwindet die Dehnung innerhalb eines gewissen Abstandes vom Riß, und deshalb werden sich innerhalb dieses Abstandes keine neue Risse bilden, weil hierzu die Dehnung unbedingt notwendig ist. Je kleiner die Risse sind, desto kleiner werden die Abstände, in denen die Dehnung aufgehoben ist, infolgedessen wird die Anzahl der Risse größer. Bei unter- und schwachvulkanisiertem Kautschuk mit geringer Strammheit (großer Kerbzähigkeit) und großer Dehnbarkeit, werden wenige aber dafür große Risse entstehen, bei übervulkanisiertem mit großer Strammheit und geringer Dehnbarkeit und Kerbzähigkeit zahlreiche und kleine Risse, was in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen der früher genannten holländischen Forscher steht.

Bei allen untersuchten Qualitäten traten bei etwa 8% Dehnung die ersten Risse auf, während das Maximum der Rißbildung zwischen 10 und 20% Dehnung lag. Bei stärkeren Dehnungsgraden war wieder Abnahme der Rißbildung zu beobachten. Ein Grund für das maximale Auftreten der atmosphärischen Risse innerhalb des erwähnten Dehnungsbereiches konnte nicht gefunden werden. Van Rossem und Talalay nehmen an, daß der Kautschuk in diesem Gebiet eine besonders große Empfindlichkeit gegenüber Ozon besitzt. Plausibler erscheint die Ansicht Haushalters (l. c.), derzufolge bei stärkerer Dehnung eine Verdichtung der Kautschukmembran und damit eine Verringerung der Löslichkeit für Ozon eintritt.

Diese Feststellungen stehen im allgemeinen in Übereinstimmung mit (etwas früher veröffentlichten) Ergebnissen E. P. W. Kearslys⁴¹, der die Einwirkung von Ozon sogar zur Standardisierung der Alterungsprüfung von Kautschukartikeln heranziehen will. Abweichend dagegen ist dessen Erklärung der Rißbildung durch Ozon, die er der geringeren Bruchfestigkeit des ozonisierten Oberflächenfilms sowie der Auslösung der in den Kautschukmischungen vorhandenen Spann-

Bildung harter, brüchiger Oxydationsprodukte auf, die sich schließlich auf die ganze Kautschukmasse erstreckt. Durch diese Erscheinung, die Harries seinerzeit an den Verbindungsschläuchen seiner Ozonisiergefäße beobachtete, kam er bekanntlich auf die Idee, das Ozon zum Abbau des hochkolloiden Kautschuks heranzuziehen. (Untersuchungen über das Ozon, Berlin 1916, S. 61.) Der Unterschied im Verhalten zwischen Rohkautschuk und Vulkanisat scheint in der größeren Sättigung und Dichte des letzteren begründet zu sein.

⁴¹ Standardisierung der Kautschukprüfung mittels Ozon, Kautschuk 6 (1930) S. 244

gen zuschreibt. Diese letztere Auffassung hat viel Bestechendes, da durch Wahl des Füllstoffes die Größe der Rißbildungen beeinflussbar ist.

Noch einige Zeit früher führten auch A. A. Somerville, J. M. Ball und M. H. Cope⁴² systematische Untersuchungen über die Alterung von 66 verschiedenen Kautschukmischungen im gestreckten Zustand unter verschiedenartigen Bedingungen aus. Hier interessieren uns vor allem ihre Ergebnisse der Alterung in Ozon und im Sonnenlicht, an Ringen verschieden starker Streckung in Verbindung mit darauffolgenden Festigkeitsprüfungen.

Bei den ozon- und sauerstoffgealterten Proben zeigten die Kurven an den Stellen, die den unter 10% Dehnung exponierten Ringen entsprachen, einen charakteristischen Knick. Ein Rissigwerden der Ringe trat nur im Ozon oder im Sonnenlicht ein. Mischungen mit 40% Gasruß zeigten starke Risse bei 10% Streckung. Bei Untervulkanisationen war stärkere Zerstörung als beim Vulkanisationsoptimum festzustellen. Alterungsschutzmittel veränderten den Charakter der Ozon- und Lichtrißkurven nicht, verringerten aber den Gesamtbetrag der Zerstörung. Paraffin (1%) gab in Ozon schlechte Alterung, schützte aber etwas gegen Sonnenlicht, dagegen verminderte Mineralrubber (24%) den Grad der Zerstörung, außer bei der kritischen Streckung von 10%. Die geringste Ozonzerstörung wies eine mit 3% Thiuram (ohne freien Schwefel) vulkanisierte Mischung auf, die auch eine recht flache Alterungskurve zeigte.

Einen absoluten Schutz gegen die Ozonzerstörung, die besonders für die gummi-isolierten Hochspannungskabel von Bedeutung ist, scheint es überhaupt nicht zu geben. E. W. Davis und G. E. Crowdes⁴³ sehen als einzig wirkungsvolles Mittel die Verhinderung der Ozonbildung an, die dadurch gelingt, daß die Spannungen unterhalb der zur Coronabildung notwendigen bleiben. Dies wird u. a. erreicht durch Verwendung von Kautschukmischungen mit hohem dielektrischen Widerstand und niedriger Kapazität.⁴⁴

Die Ergebnisse der im letzten Abschnitt angeführten Untersuchungen stimmen demnach darin überein, daß Kautschuk in gespanntem Zustand zwischen 10 und 20% Dehnung den Atmosphärien ausgesetzt, charakteristische feine Rißbildungen aufweist, die von den Riß- und Runzelbildungen, die auf ungedehnt gealterten Gummioberflächen auftreten, merklich abweichen.

Über letzteres Erscheinungsgebiet liegen eingehende Beobachtungen insbesondere an Stoffgummierungen (gummierten Mantelstoffen, Faltboothäuten) von E. Wurm⁴⁵, C. Hertweck⁴⁶ und O. Merz⁴⁷ vor. Zerstörungen an Stoffgummierungen treten besonders deutlich

⁴² Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 1183; u. Kautschuk 6 (1939) S. 187

⁴³ Veröffentlichungen der Simplex-Wire and Cable-Co., Boston, 1930; ref. Kautschuk 7 (1931) S. 99

⁴⁴ Heering, H., Gummi als Werkstoff in der Elektrotechnik. Kautschuk 6 (1930) S. 129

⁴⁵ Kautschuk 8 (1932) S. 21

⁴⁶ Kautschuk 8 (1932) S. 60

⁴⁷ Kautschuk 8 (1932) S. 73

in Erscheinung, da es sich hierbei um Gebilde mit relativ wenig Kautschuk auf große Oberflächen verteilt, handelt, die meist häufigen Knick- und Biegebeanspruchungen ausgesetzt sind. Daß dieses Erscheinungsgebiet trotz der derzeit niedrigen Rohkautschukpreise großes wirtschaftliches Interesse beansprucht, braucht wohl nicht betont zu werden.

Im allgemeinen kann man an gealterten Stoffgummierungen zwei Arten von Erscheinungen beobachten: 1. die bereits erwähnte *R u n z e l b i l d u n g*, die meist nach längerer Bewetterung im Freien auftritt, und besonders, bei Faltboothäuten zur sogenannten »*Elefantenhaut*« führt (s. Abb. 1047). 2. Sogenannte »*Sonnenrisse*«, die besonders

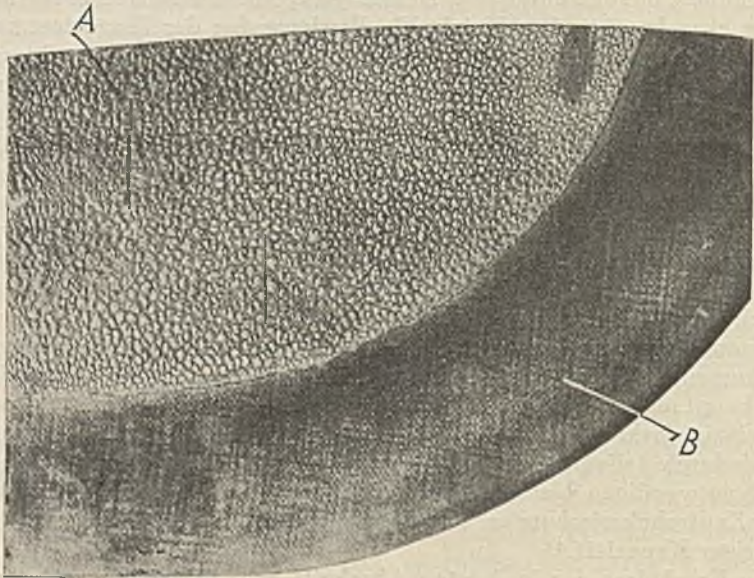
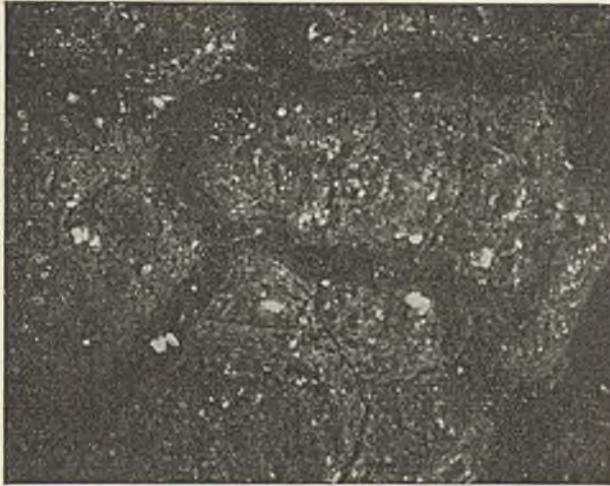


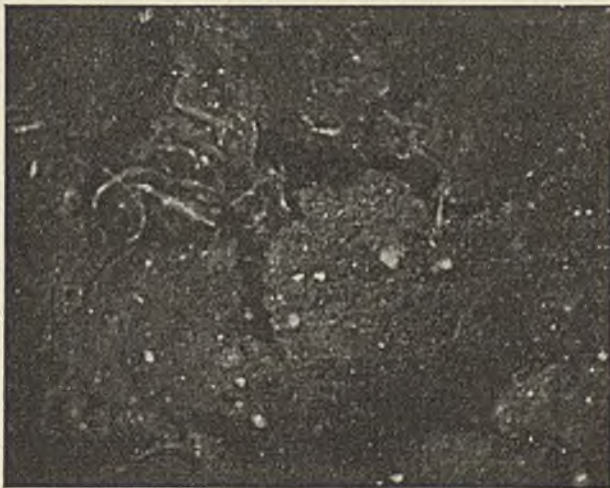
Abb. 1047. Sog. »*Elefantenhaut*«-Bildung (A) auf der Oberfläche einer Faltboothaut. Die durch einen Kielverstärkungsstreifen geschützte Partie (B) zeigt die ursprüngliche Beschaffenheit der Oberfläche der Gummihaut. Der Azetonextrakt der »*Elefantenhaut*« betrug 39 %, der Säuregehalt (org. Säuren) entsprach 638 mg KOH. Die geschützte Partie B wies dagegen einen Extraktgehalt von 5,5 % auf (Originalaufnahme des Verfassers)

unter der Einwirkung von Licht und Wärme auftreten und sich im ersten Stadium ihrer Entwicklung als mikroskopisch kleine Haarrisse von unregelmäßigem Verlauf kennzeichnen (Abb. 1048). Diese Risse treten übrigens nicht nur im direkten Sonnenlicht auf, sondern auch, allerdings erst nach längerer Einwirkungsdauer, im diffusen Licht (Schattenseite), (Abb. 1049). Merz (l. c.) vergleicht die Reiß- und Runzelbildungen an Stoffgummierungen mit Sprungbildungen von Anstrichmitteln auf Ölbasis und führt beide Erscheinungen auf stofflichen *Sch w u n d* und *Sch r u m p f u n g* zurück, wofür ihm Ergebnisse bei künstlicher Wärme- und ultravioletter Lichtalterung sprechen. Wurm hält dagegen in Übereinstimmung mit

van Rossem (l. c.) die Rißbildung an Gummistoffen lediglich durch Ozonbildung verursacht, die durch Licht hervorgerufen sein mag.



*Abb. 1048. Faltboothaut nach 6 Monaten Sonnenlage-
rung in 60facher Vergrößerung mit Busch Metaphot
Ok. 5 X aufgenommen (nach O. Merz)*



*Abb. 1049. Faltboothaut nach 6 Monaten Schattenlage-
rung in 60facher Vergrößerung mit Busch Metaphot
Ok. 5 X aufgenommen (nach O. Merz)*

Über die eigentlichen Ursachen der zerstörenden Wirkung des Lichtes, insbesondere des Sonnenlichtes, gehen die Meinungen der einzelnen Forscher noch recht auseinander. (Vergl. die zusammenfassende

Darstellung des Verfassers in seiner zitierten Arbeit, Kautschuk 3, 239, 1927 sowie diejenige von B. B. Evans.⁴⁸)

Es ist sehr wahrscheinlich, daß dem Licht, insbesondere den kurzwelligen Strahlen, bei der Zerstörung sowohl von Kautschuk wie anderen organischen Substanzen, z. B. Baumwolle, vorwiegend eine sekundäre Wirkung zukommt, etwa infolge Aktivierung von Sauerstoff in Form von Ozon, atomarem Sauerstoff oder Wasserstoffsuperoxyd (vgl. Russel-Effekt).⁴⁹ Erstere Form tritt besonders in Gegenwart ultravioletter Lichtes auf (Quecksilberdampf- und Metallbogenlampen) und ist daher bei der künstlichen Alterungsprüfung mit diesen Lichtquellen zu berücksichtigen. In zweiter Linie handelt es sich beim Vergleich der Lichtwirkung auf verschiedene Kautschukqualitäten um die Beschaffenheit ihrer Oberflächen bzw. um deren Absorptionsvermögen für ultraviolettes Licht, ferner um die Gegenwart oder Abwesenheit pro- oder antikatalytisch wirkender Substanzen.

Man kann daher der schädlichen Lichtwirkung durch Oberflächenenschutz oder durch Einverleibung von geeigneten Konservierungsmitteln unter gleichzeitiger Fernhaltung prokatalytischer Substanzen, die sowohl anorganischer (Eisen-, Mangansalze) wie organischer Natur sein können (Öle, Fette), vorbeugen. Merkwürdigerweise schützen Anstriche von Kupferverbindungen nach I. Williams (wenigstens für längere Zeit) Kautschukoberflächen vor der Einwirkung ultravioletten Lichtes; diese wirken hier also antikatalytisch, was jedenfalls so zu erklären ist, daß sie gebildetes Ozon sofort in gewöhnlichen Sauerstoff umwandeln. Wahrscheinlich findet dabei (infolge spurenweiser Oxydation im Sinne Moureus) auch »Polymerisation« des Kautschuks oder aber Zyklisierung an der Oberfläche statt.⁵⁰

⁴⁸ Trans. I.R.I. 5 (1930) S. 442

⁴⁹ Russel (Proc. Royal Soc. 61 (1897) S. 424 und folgende; ferner ausführliche Literatur-Übersicht: Keeman, Chem. Rev. 3 (1926) S. 95) fand, daß zahlreiche organische Substanzen, darunter auch Kautschuk nach Belichtung mit U.V.-licht die photographische Platte schwärzen, was Russel auf die reduzierende Wirkung des bei der Belichtung autoxydativ gebildeten H_2O_2 zurückführte. Dieser »Russel-effekt« konnte in neuerer Zeit von van Rossem (Vortrag Hamburg, April 1932) an frischen smoked sheets bestätigt werden, während Crepe-Kautschuk und merkwürdigerweise Hard fine Para ebenso wie ältere smoked sheets den Effekt nicht gaben. Derselbe wird nur durch die Substanzen des Rauches (Kreosote) verursacht, wie Verf. gelegentlich der Diskussion des obigen Vortrages vermutete (Private Mitteilung des Herrn Dr. van Rossem).

⁵⁰ In Abwesenheit von Sauerstoff (H_2 -, N_2 - oder CO_2 -Atmosphäre) erleidet Kautschuk durch U.V.-licht keine nennenswerte chemische Veränderung. Das von Porrit, B. D., und Asano, K., beobachtete Unlöslichwerden von mit U.V. belichtetem Rohkautschuk ist möglicherweise im Sinne Moureus auf Polymerisation infolge spurenweiser Oxydation zurückzuführen, da praktisch der belichtete und der unbelichtete Kautschuk die gleiche chemische Zusammensetzung besitzen. Die analoge Veränderung in CO_2 bei U.V.-Belichtung wäre dann auf eine spurenweise Dissoziation des CO_2 und eine entsprechende katalytische Umwandlung des Kautschuks zurückzuführen. In Analogie mit der bekannten Wirkung von Schwermetallsalzen ist auch Zyklisierung wahrscheinlich.

Als Oberflächenschutz besonders gegen Lichtrisse haben sich nach allgemeiner Übereinstimmung Paraffin-Kohlenwasserstoffe (Paraffin, Ceresin, Ozokerit) als besonders wirksam erwiesen, doch sind auch hier durchaus verschiedene Wirkungen beobachtet worden. Nach den interessanten Ausführungen von Fritz Frank⁵¹ handelt es sich hierbei um zwei verschiedene Typen von Paraffin-Kohlenwasserstoffen: um sogenannte Proto-Paraffine, wie sie in einer Reihe von Ozokeriten vorliegen, in der Hauptsache mit verzweigten aliphatischen Ketten und solchen, wie z. B. die kristallinen Paraffine mit unverzweigter C-Kette. Während bei ersteren die endständige Methylgruppe ziemlich leicht der Oxydation unterliegt, ist dies bei den CH₃-Gruppen der geraden Ketten nicht der Fall.

Als bester Schutz gegen die zerstörende Wirkung der Tropensonne auf Ballonstoffe erwies sich ein Aufdruck von Aluminiumbronze auf eine dünne Kautschuklage über dem Gewebe. Dem Aluminiumschutz kommt auch dadurch Bedeutung zu, daß er die Temperatur des Ballons infolge Rückstrahlung bis zu 30° C niedriger erhält als bei dunkler Färbung des Anstrichs.⁵²

Von großer Wichtigkeit zur Hintanhaltung von Lichtrissen ist auch in diesem Falle die Vermeidung von Übervulkanisation, die durch richtige Schwefeldosierung und Wahl des geeigneten Beschleunigers erreicht werden kann.

f) Wirkung von Schwermetallverbindungen auf Kautschuk

Ein Kapitel für sich bildet die katalytische Wirkung von Schwermetallsalzen auf die Depolymerisation (Klebrigwerden) von Rohkautschuk sowie die Oxydation (Hart- und Brüchigwerden) von vulkanisiertem Kautschuk.

Die wissenschaftlichen Beobachtungen hierüber reichen in die 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück. Vornehmlich waren es zwei englische Forscher, W. Thomson und F. Lewis⁵³, die sowohl den Einfluß reiner Metalle, als auch denjenigen ihrer Salze auf kaltvulkanisierte Gummiplättchen studierten. Sie fanden die zerstörende Wirkung des Kupfers und des Mangans von allen untersuchten Metallen am größten. Auch die Beobachtung, daß die Wirkung dieser Metalle besonders in ölhaltigen Mischungen stark in Erscheinung tritt, geht auf die genannten Autoren zurück. Diese Feststellungen wurden im Laufe der Zeit durch zahlreiche andere Forscher bestätigt.⁵⁴ Vor allem verdanken wir C. O. Weber⁵⁵ die ersten Ansätze zu einer quantitativen Erfassung der Schädlichkeitsgrenze für Kupfer sowie die Erkenntnis, daß es außer-

⁵¹ Vgl. Diskussionsbemerkungen zu den Ausführungen von Wurm. E., usw. Kautschuk 8 (1932) S. 21, sowie Mitt. des neuen int. Verb. f. Materialprüfung Bd. 1c (1930) S. 7 ff.

⁵² Trans. I.R.I. 5 (1929) S. 31

⁵³ Ref. Gummi-Ztg. 5 (1891) S. 7; und 6 (1892) S. 7

⁵⁴ Kautschuk 3 (1927) S. 236

⁵⁵ The Chemistry of India Rubber S. 300. Weber erklärte weniger als 0,005% Cu für Kaltvulkanisate, 0,01 % für Heißluftvulkanisate als noch zulässig.

ordentlich auf die Löslichkeit der schädlichen Metallverbindungen ankommt. Einen weiteren wichtigen Faktor bildet der Verteilungsgrad dieser Verbindungen im Kautschuk. Diese Momente besitzen in erster Linie für Stoffgummierungen Wichtigkeit, da sich die beim Beizen oder Färben auf die Faser niedergeschlagenen Schwermetallverbindungen naturgemäß in feiner (kolloidaler) Verteilung befinden.

Daß die zerstörende Wirkung der Schwermetalle und ihrer löslichen Verbindungen auf einer sauerstoffaktivierenden Wirkung



Abb. 1050. Fall einer »Kupferzerstörung« an einem Autoluftschlauch (oben). Der schwach übervulkanisierte obere Luftschlauch wies nach sechsjähriger Lagerung im Dunkeln an den Stellen der Cu-haltigen Vulkanisiermarken, hauptsächlich senkrecht zur Strangrichtung des Schlauches verlaufende scharfe Risse auf. Im Gegensatz dazu zeigte der normal vulkanisierte Luftschlauch (unten), trotz 3 × so großer Cu-Menge im Aufdruck, keinerlei Ribbildung (Originalaufnahme d. Verf.)

beruht, scheint durch eine große Zahl von Untersuchungen, auch aus anderen Gebieten, außer Zweifel zu stehen.⁵⁶ Die Fähigkeit hierzu scheint nur auf Elemente mit leicht wechselnder Valenz, wie z. B. Kupfer, Eisen, Mangan, Titan, Vanadium und Zinn beschränkt zu sein. Eisenverbindungen wirken besonders in Form ihrer Ferrosalze schädigend, worauf

⁵⁶ Vgl. die umfassenden Untersuchungen von Warburg, O., insbesondere dessen zusammenfassende Darstellung in Z. angew. Chem. 45 (1932) S. 1 ff (Nobelvortrag). Ferner Kaufmann, H., Über katalytische Faserangriffe, Z. angew. Chem. 44 (1931) S. 860. Dieser erklärt die Wirkung des Ferro-Eisens im Anschluß an die Wielandsche Theorie als die einer Dehydrase (Peroxydasewirkung). Drückt man das organische Molekül (z. B. Cellulose) durch das Symbol RH_2 aus, so erhält der Vorgang folgende Formulierung: $Fe \cdots RH_2 + H_2O_2 \rightleftharpoons Fe \cdots + R + 2H_2O$. Das Ferro-Atom wirkt demnach als Aktivator des organischen Wasserstoffs, der vom Sauerstoff des H_2O_2 zu H_2O oxydiert wird. Kupfer- und Kobaltsalze verhalten sich etwas abweichend von den Mangan- und Eisensalzen, noch mehr tun dies Platinsalze (Katalasewirkung). Eine quantenmechanische Theorie über die Wirkung sehr verdünnter Metallsalzlösungen, sogen. oligodynamischer Lösungen, wurde jüngst von Szolnoki, J. (Sitzungsber. d. Kgl. Ung. naturw. Ges. Mai 1932), entwickelt.

zuerst Frank⁵⁷, in neuerer Zeit van Rossem und Dekker⁵⁸ hinwiesen. Bei mit Kupferverbindungen verunreinigten Latex-Imprägnierungen kann die durch diese Verbindungen eingeleitete Autoxydation schließlich zur Selbstentzündung der Massen führen.⁵⁹ In einer vor einiger Zeit vom Verfasser⁶⁰ mitgeteilten Untersuchung konnte gezeigt werden, daß Kupferverbindungen (vorwiegend CuSO_4 , das aus dem Kupfersulfid der Vulkanisiermarken durch Oxydation entstanden war) in einer übervulkanisierten Kautschukqualität (Autoluftschlauch), besonders senkrecht zur Strangrichtung des Schlauches verlaufende Rißbildungen an den mit dem Aufdruck versehenen Stellen ausgelöst hatten, während eine gleichaltrige, normal vulkanisierte Qualität, trotz höheren Kupfergehaltes des Aufdruckes ebenso wie dieser vollständig unverändert geblieben war (s. Abb. 1050).

Was die für den praktischen Gebrauch noch zulässigen Mengen an »Gummigiften« in Geweben und Gummierungen betrifft, herrscht leider noch keine völlige Übereinstimmung. Dies erscheint einerseits dadurch bedingt zu sein, daß die »Schädlichkeit« je nach dem Verwendungszweck (Heiß- oder Kaltvulkanisation) eine verschiedene ist, andererseits darin begründet, daß die Schwermetalle z. T. auf das Stoffgewicht, z. T. auf die Flächeneinheit (Quadratmeter) bezogen werden, wodurch sich verschiedene »Schädlichkeitsgrenzen« ergeben.⁶¹ Für die Kautschukfüllstoffe kommt noch als weiterer Faktor die unterschiedliche analytische Genauigkeit in der Erfassung der vorhandenen Schwermetallmengen beim Arbeiten nach verschiedenen Methoden hinzu. Hier wären die von P. Kluckow und H. Siebner⁶²

⁵⁷ Gummi-Ztg. 26 (1912) S. 801; Kautschuk 7 (1931) S. 75

⁵⁸ Ind. Engng. Chem. 18 (1926) S. 1152

⁵⁹ Bull. Rub. Grow. Ass. 10 (1928) S. 124, ref. Gummi-Ztg. 42 (1928) S. 1972

⁶⁰ Kautschuk 8 (1932) S. 17

⁶¹ Während an den meisten Stellen die gefundenen Schwermetalle in Promillen des Gewebegewichtes ausgedrückt werden, beziehen Kluckow und Siebner (l. c.) dieselben auf die Flächeneinheit des Stoffes (mg/qm). Sie begründen ihr Verfahren damit, daß es für die Wirkung gleichgültig sei, ob dieselbe Kupfer- oder Manganmenge einmal auf einem leichten, das andere Mal auf einem schweren Gewebe sitze, falls beide nur die gleiche qm-Zahl aufweisen. Sie setzen dabei anscheinend voraus, daß die schädigenden Metalle aus Farben oder Beizen nur an der Oberfläche der Gewebe fixiert sind (Adsorption), während das Innere derselben davon frei sei. Nach der gewichtsmäßigen Angabe (Promille) würden wir im ersteren obigen Fall einen relativ höheren Metallgehalt als im letzteren finden. Es müßte noch nachgewiesen werden, daß die obige Voraussetzung von Kluckow und Siebner richtig ist.

⁶² Kautschuk 6 (1930) S. 161, und 7 (1931) S. 224. Während die genannten Autoren bei Kupfer 2 mg pro qm Gewebe als noch zulässig annehmen, falls nicht größere Mengen an Fetten oder Ölen anwesend sind, werden von anderer Seite Mengen zwischen 0,03 und 0,05 Promille Cu als noch gestattet angegeben. Diese Werte sind natürlich nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar. Besonders bei Cu-haltiger Kunstseide sowie bei mit Cu-haltigen Farben oder Beizen behandelter echter Seide machen sich Kupfergehalte von über 0,03 Promille oft in relativ kurzer Zeit in katastrophaler Weise bemerkbar. Nach Kehren, Mitteil. aus d. Deutschen Forschungsinstit. f. d. Textilind. zu M. - Gladbach, Melliand Textilberichte, Heidelberg, Bd. 13,

sowie die vom Verfasser⁶³ gemachten Angaben als Grundlage für eine allgemein anzuerkennende Festsetzung in Vorschlag zu bringen. Desgleichen wären die von W. E s c h⁶⁴ gemachten E i n s c h r ä n k u n g e n betreffs die gleichzeitige Verwendung geeigneter Beschleuniger und Alterungsschutzmittel zu berücksichtigen, die die zerstörende Wirkung von Schwermetallen weitgehend zu paralysieren imstande sind (siehe auch Anm. 82).

Auf Grund zahlreicher eigener Beobachtungen kann festgestellt werden, daß in Gegenwart von w e i ß e m F a k t i s oder bei K a l t v u l k a n i s a t e n Mengen von etwa 0,01 pro Mille gelösten Mangans im Laufe von zwei Jahren vollständige Zerstörung von Stoffgummierungen bewirkten. Hierzu ist zu bemerken, daß die angegebene Manganmenge sich erst im Laufe des genannten Zeitraumes infolge von HCl-Abspaltung gebildet hatte, denn zerstörend wirken nur g e l ö s t e »Gummigifte«.⁶⁴

Von Kautschuk - F ü l l s t o f f e n enthalten die meisten Mineralstoffe, die als Bergbauprodukte (Erdfarben) gewonnen werden, Mangan in Mengen zwischen einigen Hundertstel bis einigen Zehntel Gewichtsprozenten. Besonders Kreide, Eisenoxydrot⁶⁵, Baryt und Ocker enthalten stets größere Anteile davon (bis zu 0,2%), während in Umbra und Kasseler Braun bis zu 0,5% Mangan gefunden wurden. Auch geringe Kupfermengen lassen sich gelegentlich nachweisen. Die letztgenannten Erdfarben sollten, da sie heute leicht durch geeignete synthetische organische Farbstoffe ersetzt werden können, überhaupt nicht mehr Verwendung finden. Die I. G. F a r b e n i n d u s t r i e A. - G. hat für Appre-

Okt., Nov., Dez. 1932, gelangt Kupfer teilweise dadurch auf die Faser, daß diese in nassem oder in schwach saurem Zustand (ameisen- oder essigsäurehaltig von der Avivage herrührend) mit kupfernen Trögen, Zentrifugeneinsätzen, Trockentrommeln usw. in Berührung kommt. Nach dem genannten Autor sei es daher unmöglich, daß von seiten der Textilindustrie ein Cu-gehalt der Gewebe unter 0,05 Promille garantiert werden könne, um so mehr, als ein derartiger Cu-gehalt nicht unbedingt für die Gummierung gefährlich zu sein brauche. Er stützt sich dabei auf die Feststellung, daß Cu-gehalte bis zu 0,2 Promille in Baumwoll- und Halbwoollgeweben bei richtiger Zusammensetzung der Gummierung und entsprechender Vulkanisation auch nach mehr als zweijährigem Gebrauch keinerlei schädliche Wirkung auf den Kautschuk ausgeübt hatten. (Vgl. auch Anm. 64.) Diesen Feststellungen wäre von seiten der Kautschukindustrie die Frage entgegen zu halten, ob es beim heutigen Stand der Technik unbedingt nötig ist, bei der Stoffvorbereitung die oben erwähnten teuren Geräte aus Kupfer zu benutzen, welches Metall bei der Kautschukverarbeitung peinlichst vermieden wird.

⁶³ Kautschuk 7 (1931) S. 27. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Mangan. Während in gewaschenem Rohkautschuk Mn-Mengen zwischen 0,002 bis 0,005 Promille noch keine Leimigkeit bewirkten, war Kongokautschuk mit 0,01 Promille Mn schwach, hellbrauner Crepe bereits stark leimig, während Peruvian-Bälle mit 0,07 Promille Mn schon sehr starke Leimigkeit zeigten. Hierzu wäre noch zu bemerken, daß die stark leimig gewordenen Rohkautschuksorten relativ große Mengen Eisen aufwiesen (0,1 bis 0,3%). In heißvulkanisiertem Kautschuk werden Mn-Mengen von 0,05 Promille noch als zulässig angesehen.

⁶⁴ Diskussionsbemerkungen zum Vortrag l. c. Anm. 57; ferner dessen Verfahren zur Gummierung Cu- und Mn-haltiger Gewebe D. R. P. 461 134, 1926.

⁶⁵ Wesentlich niedriger ist der Mangangehalt einiger Eisenoxydrot-Sorten der I. G. Farbenindustrie A.-G. z. B. Nr. 720 mit 0,015 Promille Gesamt-mangan bzw. 0,005 Promille in Salpetersäure löslichem Mn.

teure und Färber ein Merkblatt für zu verwendende kupfer- und manganfreie Kautschukfarben herausgegeben.^{65a}

Als bedenklich, besonders für kalt zu vulkanisierende Kautschukmischungen, ist noch die Verwendung größerer Mengen von Titan-

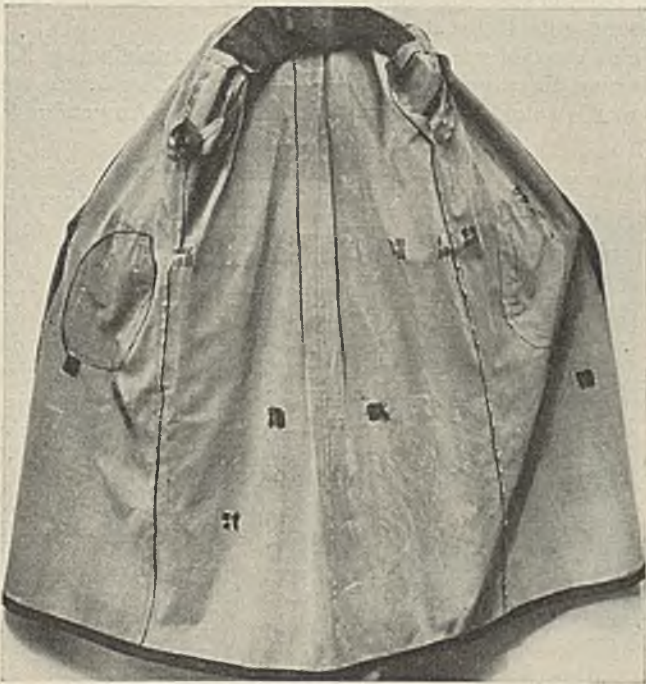


Abb. 1051. Zerstörung der Gummierung auf einem kupferhaltigen Mantelstoff. Der grüne Mantelstoff war von einzelnen kupferfreien roten Fäden durchzogen. Während die Gummierung, in der man etwa 0,01% Cu nachweisen konnte, an vielen Stellen leicht vom Gewebe entfernbar war, blieb sie auf den roten Fäden in Form von „Fensterkreuzen“ stehen (Originalaufnahme)

weiß (TiO_2) zu erwähnen, das infolge Bildung löslicher Titanverbindungen⁶⁶ zu ähnlichen Schädigungen Anlaß gibt.

Die beistehenden Abb. 1051 und 1052 geben Beispiele von Zerstörungen, die an kupfer- bzw. manganhaltigen Gummiartikeln in der Praxis beobachtet wurden.

^{65a} Musterkarte 656 C der I. G. Farbenindustrie A.-G. Der Cu-gehalt des mit diesen Farben gefärbten Materials bleibt unter 0,02 Promille Cu.

⁶⁶ Gummi-Ztg. 43 (1929) S. 2752. Auch Bleiverbindungen, bes. Bleichromat, können in Gegenwart von HCl-Spuren Zerstörung der Gummierung bewirken. Vgl. Gummi-Ztg. 21 (1907) S. 392, und Seidl, E., Jahrb. d. Gummi-Kalenders 1911, S. 87

2. Alterungsschutz von Kautschukartikeln

Die chemische Struktur des Kautschuks und seiner Vulkanisate sowie deren mannigfachen Zusätze bringen es mit sich, daß Kautschukartikel eine beschränkte, oft nur kurze Lebensdauer aufweisen, je nach Beanspruchung, Temperatur und anderen Faktoren, die bei ihrer Verwendung oder Lagerung eine Rolle spielen.

Es gibt eine Anzahl von Möglichkeiten, die mannigfachen Kautschukvulkanisate vor einer vorzeitigen Alterung bzw. Zerstörung weitgehend zu schützen. Als solche sind vorgeschlagen bzw. in Anwendung gebracht worden:



Abb. 1052. Vollständige Zerstörung eines Gummistiefels nach etwa 1½-jähriger Lagerung infolge starken Mn-Gehalts der Mischung (0,5‰ Mn). Der sich vollständig abblätternde Obergummi (s. die kleine viereckige Probe) war zu etwa 30 % azetonlöslich geworden. In diesem Extrakt waren etwa 0,3‰ Mn nachweisbar (Original-Aufnahme)

1. Abhaltung des Luftsauerstoffes durch Aufbewahrung der Kautschukartikel in inerten Gasen,
2. Verringerung der Löslichkeit der Luft in den Kautschukartikeln oder endlich
3. Zugabe von chemisch wirksamen Substanzen, die leichter oxydabel als Kautschuk sind, und auf diese Weise den etwa eingedrungenen Sauerstoff von ihm fernhalten (Anti-Oxydants).

Es ist klar, daß die Wirksamkeit dieser letztgenannten Substanzen von ihrer chemischen Natur und der Löslichkeit in Kautschuk abhängen wird.

Auf die Bedeutung der im Naturkautschuk vorhandenen natürlichen Schutzstoffe für die Stabilisierung des Kolloids ist bereits im Abschnitt 1 hingewiesen worden. Hier soll nur mehr von den künstlich zu treffenden Maßnahmen zur Konservierung und Verlängerung der Lebensdauer der Vulkanisate die Rede sein.

a) Konservierungsmittel für Kautschukvulkanisate

Die Verwendung von gummierten Geweben für Ballonstoffe bot Veranlassung zur Untersuchung des Verhaltens von Rohkautschuk und Vulkanisaten gegenüber verschiedenen Gasen (Diffusion, Permeabilität, Löslichkeit). Auf die zahlreichen klassischen Arbeiten kann hier nur verwiesen werden.⁶⁷ (Siehe insbes. den Abschnitt über »Gummierung von

⁶⁷ Vgl. die diesbezgl. Zusammenstellung in der Arbeit von Pickles, S. S., The Effect of Carbondioxyd and Antioxydants on Rubber. Trans. I.R.I. 3 (1927) S. 60

Ballonstoffen«). Neuere Untersuchungen von Venable und Fuva⁶⁸ zeigten, daß die Gase sich in wahrer Lösung im Kautschuk befinden und hierfür die gleichen Gesetze wie für ihre Löslichkeit in Flüssigkeiten gelten. Die Löslichkeit hängt ab von den kritischen Daten des Gases. Je leichter dasselbe verflüssigbar ist, desto größer ist auch seine Löslichkeit im Kautschuk. Parallel mit der Löslichkeit geht das Diffusionsvermögen der Gase durch Kautschukmembranen. Von den Gasen der Atmosphäre besitzt N_2 die geringste, CO_2 die größte Löslichkeit bzw. Diffusionsfähigkeit in Kautschuk (18mal so groß wie N_2), während diejenige vom O_2 nur etwa dreimal so groß ist.

Diese verschiedene Gaslöslichkeit gewinnt für das Problem der natürlichen und künstlichen Alterung bzw. für den Alterungsschutz von Kautschuk erhöhte Bedeutung.⁶⁹ Ebenso wie jede Alterung primär auf der Löslichkeit des Sauerstoffs im Kautschuk beruht (sonst könnte Oxydation nur an der äußersten Oberfläche stattfinden), so könnte man andererseits an einen Schutz des Kautschuks durch Verdrängung des Luft-sauerstoffs durch CO_2 oder andere inerte Gase denken.⁷⁰

Auf die Bedeutung der inerten Gase für die Füllung von Bällen sowie die Herstellung von Schwamm- und Schaumgummi kann hier nur verwiesen werden. (Siehe auch den Abschnitt »Schwammkautschuk«.)

In die Kategorie der zur Löslichkeitsverminderung von Sauerstoff im Kautschuk getroffenen Maßnahmen ist die von Stevens⁷¹ vorgeschlagene Verwendung von Benzin-Kohlenwasserstoff- und Wasserdämpfen zu rechnen. In Luft, die mit solchen Dämpfen gesättigt blieb, hielten sich (jedenfalls infolge schwacher Quellung und hierdurch bedingte Luftverdrängung) Gummiartikel jahrelang in unverminderter Gebrauchsfähigkeit, auch übervulkanisierter Kautschuk in Tropenklima immerhin noch ein halbes Jahr. Im gleichen Sinne sollten auch die diversen Reinigungs- und Konservierungsmittel für Offset-Gummidrucktücher wirken und daher auch entsprechend zusammengesetzt sein.

⁶⁸ Ind. Engng. Chem. 14 (1922) S. 139

⁶⁹ Morris, V. N., und Street, L. N., Luftdurchlässigkeit von Kautschuk, Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 1215; I.R.J. 79 (1930) (1) S. 25. Williams, J., u. Neal, A. M., Löslichkeit von O_2 in Kautschuk und dessen Einfluß auf die Oxydation. Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 874

⁷⁰ Mehrere Patente sind auf die Verwendung von CO_2 während der Koagulation und Trocknung von Rohkautschuk sowie für die Lagerung von Vulkanisaten genommen worden (Carpmeal, E.P. 244 870, 1926). Bei Heißluft-Vulkanisation von Schuhmischungen erhielten Pavlenko und Tetirkin die besten Ergebnisse mit CO_2 . Die Verwendung von CO_2 und N_2 zum Aufblasen der Airbags während der Reifen-Vulkanisation hat durch die Arbeiten von Minor (I.R.W. 67 (1923) S. 353; 69 (1926) S. 17 und 75) auch außerhalb der U. S. A. beträchtlichen Anklang gefunden. Zum Aufblasen der Autoluftschläuche während des Gebrauchs kommt zufolge des hohen Diffusionsvermögens des CO_2 nur N_2 in Frage. Es sei aber bemerkt, daß N_2 wesentlich kostspieliger frei von O_2 -Spuren zu bekommen ist, desgleichen finden sich in den häufig verwendeten Abgasen von Feuerungsanlagen stets geringe Mengen O_2 (bis zu 2 %) sowie Spuren nitroser Gase.

⁷¹ I.R.J. 6 (1920) S. 477

Auf die Bedeutung von Paraffin-Kohlenwasserstoffen als Schutz gegen Lichtrißbildung ist bereits hingewiesen worden. Derartige Substanzen, zu denen noch Wachse, Bitumina (Mineralrubber, Asphalt, Rohzokerit) sowie brauner Faktis und Leim hinzukommen, wirken wohl in erster Linie als physikalische Schutzmittel, indem sie Kautschuk schwach quellen und so die Löslichkeit des Sauerstoffs im Innern verringern. Bei Leimzusatz spielt anscheinend die Erhaltung eines gewissen Feuchtigkeitsgrades eine analog günstige Rolle. Die genannten Zusatzstoffe sollten daher richtiger als Kautschukkonservatoren bezeichnet werden. Zweifellos tritt aber bei einigen von ihnen noch eine typische Antioxydantwirkung hinzu. Eine physikalisch-chemische Schutzwirkung (Adsorption) üben auch die meisten Einstaubmittel für Kautschuk aus.

Als bester Schutz gegen Lichtrißbildung an Kaltboothäuten wurde die Anwendung sogenannter »kombinierter Anstrichmittel« auf die noch unversehrte Bootshaut befunden.⁷²

b) Künstliche chemische Alterungsschutzmittel (Antioxydants, Antiager, Antioxygene)

Kautschuk-Antioxydantien wurden ursprünglich zur Vermeidung der Klebrigkeit bei Rohkautschuk angewendet. Es kamen reduzierende oder leicht oxydable Substanzen wie Tannin (Ziegler, E. P. 24 878, 1912), Sulfite und Aldehyde in Anwendung. 1918 ließ sich die B. A. S. F. die Verwendung der ähnlich wirkenden Substanzen α bzw. β -Naphthol, Resorcin und Hydrochinon schützen (D. R. P. 330 741) zwecks Konservierung von synthetischem Kautschuk. Das ins gleiche Jahr fallende Bayer-Patent (D. R. P. 3366 114, 1918) scheint die erste großtechnische Anregung zur Verwendung von Antioxydantien bei vulkanisiertem Kautschuk darzustellen.⁷³ Es umfaßt fast alle Klassen von chemischen Verbindungen, die als Antioxydantien in Betracht kommen können, insbesondere aromatische und heterocyclische Verbindungen mit einer basischen und einer oder mehreren OH-Gruppen oder solchen Gruppen allein.

Man kann im großen und ganzen drei Gruppen von chemisch wirksamen Alterungsschutzmitteln unterscheiden: 1. Amine, 2. Phenole und Amidophenole, 3. Aldehydamine.

Die Wirksamkeit der basischen Antioxydantien wurde von Dittmar⁷⁴ der depolymerisierenden Wirkung dieser Substanzen zugeschrieben, die der Erhärtung des Kautschuks, einem Polymerisationsvorgang, entgegenwirke. Eine ähnliche Erklärung haben Altman und North⁷⁵ für die stabilisierende Wirkung von Erweichern gegeben. Hierbei sei daran erinnert, daß basische Substanzen in erster Linie als Vulkanisationsbeschleuniger in Betracht kommen und daß ihre ursprüngliche Ver-

⁷² Vgl. Merz, O., l. c. 42

⁷³ Vgl. hierzu den historischen Überblick von Esch, W. — Gummi-Ztg. 40 (1926) S. 2536

⁷⁴ Z. angew. Chem. 34 (1921) S. 465; I.R.W. 68 (1922) S. 612

⁷⁵ Ind. Engng. Chem. 15 (1923) S. 262

wendung ja indirekt auf die Entdeckung der Vulkanisationsbeschleunigung hingeführt hat.⁷⁶ Viele basische Substanzen bewirken bei Anwendung eines Überschusses oder bei Überheizung »Reversion« (Regeneration), z. B. Hexamethylentetramin, Äthylidenanilin u. a. Damit mag eine gewisse schwach konservierende Wirkung dieser Substanzen erklärt werden. Vulkanisationsbeschleuniger haben aber im allgemeinen nur eine schwache, oft sogar eine hemmende Wirkung als Alterungsschutzmittel (z. B. Guanidine). Eine Ausnahme hiervon machen die Mercaptobenzothiazole (Captax, Vulkacit M), Para-Nitrosodimethylanilin und Anhydro-Formaldehydanilin.⁷⁷ In zweiter Linie dürfte die zerstörende Wirkung der Basen gegenüber Peroxyden in Frage kommen.⁷⁸ Hiermit scheint auch die Beobachtung übereinzustimmen, daß sekundäre Amine wirksamer sind als primäre und tertiäre. Auch die neutralisierende Wirkung basischer Antioxydantien spielt unter Umständen zweifellos eine Rolle, z. B. bei der Nachbehandlung von Kaltvulkanisaten mit Ammoniakdämpfen.

Zur zweiten Gruppe gehören die phenolartige Alterungsschutzmittel, die als starke organische Reduktionsmittel bekannt sind. Zur Erklärung ihrer Wirkungsweise sind zahlreiche Theorien aufgestellt worden. Moureu und Dufraisse⁷⁹ schreiben ihnen eine katalytische Wirkung zu, durch die die Autoxydationsprodukte in nicht aktive Oxydationsprodukte umgewandelt werden sollen. Ihre Wirksamkeit ist die gleiche, ob es sich nun um trocknende Öle, Harze oder Kautschuk handelt. Die genannten Forscher haben diese Gruppe von Alterungsschutzmitteln »Antioxygene« genannt, welche Bezeichnung sie schließlich auf alle chemischen Antioxydants ausgedehnt wissen wollten. Ihre Auffassung steht in Übereinstimmung mit der Theorie der Verhinderung des »Klopfens« bei Explosionsmotoren, und es ist bezeichnend, daß die Antiklopfmittel stets auch Alterungsschutzwirkung gegenüber Kautschuk besitzen.⁸⁰ Merkwürdigerweise haben diese Antioxygene gegenüber Ozon nicht die gleiche günstige Wirkung, indem sie anscheinend durch dieses stärker zerstört werden als durch Sauerstoff.

Von Interesse dürfte hier noch die Beobachtung Pelizolas⁸¹ sein,

⁷⁶ Vgl. hierzu Geer, W. C., und Bedford, C. — Ind. Engng. Chem. 17 (1925) S. 393, und Esch, W., Taschenbuch für Gummi-Techniker, 1928.

⁷⁷ Dinsmore, R. P. — I.R.J. 75 (1928) S. 13

⁷⁸ Smith und Wood — Ind. Engng. Chem. 18 (1926) S. 691

⁷⁹ C. r. 174 (1922) S. 258; 175 (1922) S. 127 ff. Moureu †, Ch., verdanken wir eingehende wissenschaftliche Forschungen über Autoxydation und Antioxygene des Kautschuks. Vgl. auch Ind. Engng. Chem. 22 (1930) S. 551

⁸⁰ Nach Berl (Z. physik. Chem. Abt. A 139 (1928) S. 453) wird aus Kohlenwasserstoffen bei höherer Temperatur in Gegenwart von O₂ Wasserstoff abgespalten, wobei intermediär Alkyle auftreten müßten. Diese lagern sich an molekularem O₂ zu Alkylperoxyden an. Die energiereichen, hochexplosiven Peroxyde werden die Explosion verfrüht einleiten und damit »Klopfen« verursachen (Egerton und Gates, Mature 122 (1928) S. 20). Die »Klopfende« wirken dann wahrscheinlich in der Weise, daß sie durch rasche katalytische Spaltung eine Anreicherung der Peroxyde und damit eine verfrühte Explosion verhindern.

⁸¹ Rub. Age 5 (1924) S. 154, und Anm. 13

derzufolge Pyrogallol in ZnO-freien Mischungen deutliche Alterungsschutzwirkung besitzt und die Vulkanisation stark verzögert, während es in zinkweißhaltigen sowohl die Vulkanisation als auch die Alterung beschleunigt.

Zu den Vertretern der dritten Gruppe von Antioxydantien gehören die Kondensationsprodukte von aromatischen Aminen mit aliphatischen Aldehyden (Aldehydamine). Als bekanntester Vertreter ist hier das Aldol- α -Naphthylamin (I. G. F. I.) zu erwähnen, durch Kondensation molarer Mengen von Acetaldol und α -Naphthylamin zu erhalten. Bekannter ist es unter der amerikanischen Bezeichnung »Age-rite-Harz«, das das Produkt in technischer Reinheit enthält, während das heute vielseitiger verwendete »Age-rite-Pulver« (R. T. Vanderbilt Co.) Phenyl- β -Naphthylamin ist, demnach in die erste Gruppe der Antioxydantien gehört. In die gleiche Gruppe wie Age-rite-Harz fällt noch V. G. B. (Kondensationsprodukt von Acetaldehyd und Anilin, Naugatuk Chem. Co.) sowie »Nonox« (Brit. Dyestuffs Corp.).

Von großen wissenschaftlichem und praktischem Interesse ist das Verhalten der verschiedenen Alterungsschutzmittel in stark kupferhaltigen Mischungen, worüber wir P. C. Jones und D. Craig⁸² systematische Untersuchungen verdanken. Sie prüften das Verhalten von vier verschiedenen Qualitäten (A, B, C, D) mit vier verschiedenen Beschleunigern (1%) und sechs verschiedenen Alterungsschutzmitteln (0,1%). Die Mischungen enthielten 0,1 bis 0,2% Kupfer als Stearat künstlich zugemengt. Es wurde das Verhalten bei künstlicher Alterung (Ofen und Bombe) der kupferfreien und kupferhaltigen Mischungen verglichen. Von den sechs Alterungsschutzmitteln: Paraffin-Kohlenwasserstoff, primäres aromatisches Amin, sekundäres aliphatisch-aromatisches Amin, sekundäres aromatisches Amin, Aldehyd-Amin (Aldol- α -Naphthylamin) und Tetraarylhvdrizin erwies sich das sekundäre aromatische Amin in den D. P. G.- und hexahaltigen Automischungen A und B, sowohl in der Cu-freien als in der Cu-haltigen Mischung besonders wirksam. In der stark ZnO-haltigen Mischung C mit A 16 als Beschleuniger und in der reinen Gummi-Schwefel-Qualität D mit Captax zeigte dagegen Phenyl- β -Naphthylamin das günstigste Verhalten. Hier spielt zweifellos die Bildung schwer löslicher Beschleunigerverbindungen des Kupfers (Captax) eine Rolle. Von wissenschaftlichem Interesse erscheint in diesem Zusammenhang noch das verschiedenartige Verhalten einiger Alterungsschutzmittel gegenüber Schwermetallsalzen, insbesondere denen des Kupfers und Eisens, das im Zusammenhang mit den vorstehenden Ergebnissen möglicherweise für die rasche Beurteilung von Antioxydantien praktische Bedeutung gewinnen könnte.⁸³

Zusammenfassend läßt sich über die chemisch wirkenden Alterungsschutzmittel folgendes sagen: Sie schützen gut gegen O₂-Aufnahme in der Wärme, daher auch bei Heißluftvulkanisation, u. a. schlecht dagegen bei Lichteinwirkung (Ozon), es sei denn in Gegenwart eines Konserva-

⁸² Ind. Engng. Chem. 23 (1931) S. 23

⁸³ Kirchhof, F. — Kautschuk 6 (1930) S. 119, und Kautschuk 7 (1931) S. 7

tors (Wachs, Paraffin). Als interessante Erscheinung wäre hier noch das Unlöslichwerden von Rohkautschuk in Gegenwart von Aldol- α -Naphthylamin (1/2 %) bei Bestrahlung (Sonne), wohl infolge von »Polymerisation«, zu erwähnen (vgl. 22 und 44). Der »polymerisierte« Kautschuk bildet zufolge seiner größeren Stabilität einen Licht- und Luftschutz für darunter befindliche unveränderte Schichten. Einige Antioxydants verzögern Anbrennen und Übervulkanisation bei Verwendung von Ultra-Beschleunigern, andere die Reversion (Neozon A und -Standard), einige vermindern Ermüdung (Stabilite) und erhöhen Biegefestigkeit und Abnutzungswiderstand (Neozon C).⁸⁴

Als Nachteile bei ihrer Anwendung kann man folgende bezeichnen: 1. Die meisten gutschützenden Antioxydants bewirken Verfärbung (Nachdunkeln der Oberflächen, besonders im Licht); diese übt zweifellos einen gewissen Lichtschutz aus. Als Hauptursache der Verfärbung ist von T. L. G a r n e r die Aminogruppe des Moleküls erkannt worden.⁸⁵ Interessant ist auch, daß dabei die ursprüngliche, meist intensive ultraviolette Fluoreszenz fast vollständig verschwindet.⁸⁶ Aus obigem Grunde sind für helle Artikel nur wenige der gebräuchlichen Antioxydants verwendbar (Albasan, MB, RR 5, Stabilité alba). 2. Ihre zu reichliche Verwendung kann Ausblühen bewirken.⁸⁷ 3. Manche Antioxydants aktivieren die Beschleuniger (Antox) oder erweichen die Mischungen (Agerite-Harz), andere wirken versteifend (Diamine), so daß genaue Prüfung ihrer Vulkanisationsbedingungen notwendig erscheint. 4. Für kalt zu vulkanisierende Artikel sind die meisten Antioxydants nicht verwendbar, da sie mit Chlorschwefel unwirksame Verbindungen geben. Man behandelt daher Kaltvulkanisate oberflächlich mit Lösungen der Alterungsschutzmittel in organischen Kautschuklösungsmitteln (Diffusionsverfahren).⁸⁸

3. Die beschleunigte Alterungsprüfung von Kautschukvulkanisaten

Auf Grund der vorangehenden Ausführungen kann man heute mit großer Sicherheit behaupten, daß die Erscheinungen der Alterung an Kautschukvulkanisaten vorwiegend auf Oxydation und auf den hierdurch bewirkten physikalischen Änderungen beruhen.

Unter Alterung verstehen wir dabei die Veränderung der mechanischen Eigenschaften wie Dehnbarkeit, Bruch- und Biegefestigkeit, Abreibewiderstand u. a. beim natürlichen Gebrauch der verschiedenen Kautschukartikel. Das Bestreben, einen Weg zu finden, der es gestattet, diese zeitlichen Veränderungen l a b o r a t o r i u m s m ä ß i g herbeizu-

⁸⁴ Naunton, W. J. — Trans. I.R.I. 5 (1930) S. 317

⁸⁵ The effect of Antioxydants on the Colour of Rubber Mixes. Trans. I.R.I. 6 (1928) S. 417

⁸⁶ Kirchhof, F. — Kautschuk 6 (1930) S. 119

⁸⁷ Kürzlich hat Du Pont ein angeblich nicht nachdunkelndes, nicht ausblühendes Präparat unter der Bezeichnung »Paralux« herausgebracht.

⁸⁸ Moureu, Ch. — Dufraisse, Ch. — Lotte, P. — Rev. gén. Caout. Juli 1930, S. 30; Dawson, T. R. — Rub. Age (Ldn) 12 (1931) S. 12

führen, und auf diese Weise das natürliche Verhalten innerhalb gewisser Grenzen v o r a u s z u s a g e n , war naheliegend.

Zur Erreichung dieses Zieles stehen im allgemeinen zwei Wege offen: 1. Die Forcierung der natürlichen Alterung, durch ständige Exposition der zu prüfenden Artikel unter den ungünstigsten atmosphärischen Bedingungen (Wind, Regen, Sonnenschein). 2. Die künstliche Beschleunigung der Oxydation im Laboratorium durch Erhöhung der Versuchstemperatur und Steigerung der Sauerstoffdiffusion, entweder durch Erhöhung der Zirkulationsgeschwindigkeit oder des Gasdruckes in der Prüfkammer.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, sind in den beiden letzten Jahrzehnten beschleunigte Alterungsmethoden entwickelt worden, von denen sich im wesentlichen zwei in die Laboratorien der Kautschukindustrie und der Kautschukforschung Eingang verschafft haben: Der Geer-Ofentest und die Prüfung in Sauerstoff unter Druck und Wärme nach Bierer und Davis (Bombentest).

a) Der Geer-Alterungsöfen und seine Anwendung

Auf der 66. Versammlung der amerikanischen chemischen Gesellschaft (April 1922) nahm deren Abteilung für Kautschukchemie (Division of Rubber Chemistry) den Geer-Alterungstest als Standardmethode der beschleunigten Alterungsprüfung von Kautschukmischungen an.⁸⁹

Der Geeröfen besteht im wesentlichen aus mehreren getrennten Kammern (drei kleineren für Proben und einer großen zur Aufnahme eines ganzen Reifens), die gegen Wärmestrahlung gut isoliert sind, dem elektrischen Heizwiderstand⁹⁰ nebst einer automatischen Reguliervorrichtung zwecks Aufrechterhaltung einer konstanten Temperatur, ferner einem Gebläse zur Bewegung der Heißluft; eine elektrische Meßeinrichtung gestattet die jederzeitige Temperaturkontrolle in den einzelnen Kammern. Abb. 1053 zeigt eine Querschnittsskizze des von der New Jersey Zinc-Comp. (N. Y.) für elektrische Heizung abgeänderten Geeröfens.⁹¹

Die Alterung der Proben (Ringe) erfolgt in den einzelnen Kammern im Luftstrom von 70° C, der durch das Gebläse erzeugt wird. Die Temperaturschwankungen betragen $\pm 0,3^\circ$ C. Zur Verhütung grober Temperaturüberschreitungen ($\pm 2^\circ$ C), etwa infolge Aussetzens oder Überspannung des Heizstromes, dient eine Alarmeinrichtung, die gleichzeitig mit einer selbstregistrierenden Temperatureaufzeichnung gekoppelt ist.⁹²

⁸⁹ Geer, W. C., und Evans, W. W., 10 years Experience with Age Test — I.R.W. Sept. 1921

⁹⁰ Ursprünglich war Dampfheizung vorgesehen.

⁹¹ Res. Bull. New Jers. Zinc-Comp. N. Y.

⁹² Einen vereinfachten Geeröfen kann man sich in jedem größeren Laboratorium aus einem elektrisch heizbaren Thermostaten (z. B. Heraeus) selbst improvisieren, indem man an dessen Unterseite einen Rohrstützen anbringt, den man mit einer Wasserstrahlpumpe in Verbindung bringt. Durch Vorschalten einer Waschflasche kann man die Strömungsgeschwindigkeit des durch den Wärmeschrank gesaugten Luftstromes ziemlich konstant

Die Erfahrungen, die man mit dieser künstlichen Alterungsmethode gesammelt hat, entsprachen nicht den in sie gesetzten Erwartungen. Das bei vielen Mischungen auftretende Stadium des Klebrigwerdens, bei anderen das des Hart- und Brüchigwerdens, konnten im Geerofen oft nicht erhalten werden. Viele Qualitäten, die eine schlechte natürliche Alterung aufwiesen, alterten im Geerofen günstig und umgekehrt. Diese Unzulänglichkeiten führte man einerseits auf die relativ hohe Temperatur, andererseits auf die zu niedrige Sauerstoffkonzentration im Ofen zurück. Diese Mängel bildeten den Anlaß zur Ausbildung des sogenannten Bierer-Davis-Verfahrens oder Bombentestes der künstlichen Alterungsprüfung.

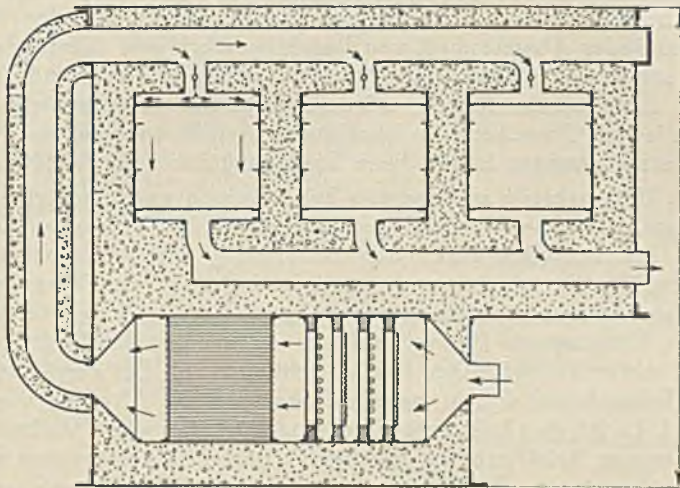


Abb. 1053. Geer-Alterungs-ofen der New Jersey Zinc-Comp. N.Y. im Vertikalschnitt. Oben drei Alterungskammern mit Luft-Zu- und -Ableitung, unten Luftheritzer und -verteiler; etwa $\frac{1}{20}$ natürl. Größe

b) Das von I. M. Bierer und C. C. Davis⁹³ ausgebildete Prüfverfahren

für Kautschukvulkanisate beruht auf der Einwirkung von Sauerstoff bei erhöhtem Druck (z. B. 300 lbs./sq. inch = 21 Atü) und erhöhter Temperatur (z. B. 60° C). Das Druckgefäß (Bombe), in dem sich die zu alternenden Proben befinden, wird in ein konstantes Wärmebad (Wasserbad)

halten. Die zu alternden Proben (Ringe) reiht man auf Glasröhren auf, so daß sich alle Proben in gleicher Höhe mit der Kugel des in den Schrank reichenden Kontrollthermometers befinden. Zur Feststellung des Einflusses der Nachvulkanisation auf die Änderung der mechanischen Eigenschaften kann man bei einer besonderen Versuchsreihe den Luftstrom abstellen oder noch besser durch einen CO₂- oder N₂-Strom ersetzen.

⁹³ Ind. Engng. Chem. 16 (1924) S. 711, und Rub. Age 13 (1923) S. 433. Bruni und Mazzetti, die die Alterung im Sauerstoff bereits vor Bierer und Davis anwandten, arbeiteten bei gewöhnlichem Druck, dafür bei etwas höherer Temperatur (78° C).

eingesetzt, und mit Sauerstoff bis zum gewünschten Druck gefüllt, worauf die Verbindung mit der Vorratsbombe unterbrochen wird.

Die Bombenalterungsprüfung ist im Gegensatz zum Geerofentest, der in der Regel 3 bis 7 Tage in Anspruch nimmt, in 16 bis 24 Stunden beendet. Zur Vermeidung von eventuellen Explosionswirkungen ist in die Anlage ein Sicherheitsventil einzubauen.

c) Kritik der Ergebnisse mit dem Geerofentest und der Bombenalterung im Vergleich mit natürlicher Alterung von Kautschukvulkanisaten

Es war eigentlich auf Grund der vorangehend mitgeteilten Untersuchungen zu erwarten, daß die verschiedenen Alterungsmethoden, je nach dem Vulkanisationsgrad und der Menge des freien Schwefels, der Gegenwart oder Abwesenheit von Beschleunigern und Alterungsschutzmitteln sowie der anderen Zusatzstoffe, zu stark voneinander abweichenden Ergebnissen führen würden. Zahlreiche, hauptsächlich von amerikanischen Forschern in jahrelanger Arbeit ausgeführte systematische Untersuchungen haben diese Erwartung durchaus bestätigt.

Solche Unterschiede sind bereits bei Alterung unter natürlichen Bedingungen zu beobachten, je nachdem man die Versuchsobjekte im dunklen Zimmer oder unter der Einwirkung der Atmosphärien im Freien beläßt. Es ist daher wesentlich, daß man bei Vornahme von natürlichen Alterungstesten zwischen Innenalterung (indoor conditions) und der Alterung im Freien (outdoor conditions, shelf-aging) unterscheidet, unter gleichzeitiger Berücksichtigung, ob bei nord- oder südseitiger Beleuchtung und in welcher Jahreszeit die Alterung vorgenommen wird. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß gewisse Vulkanisate in verschlossenen Behältern viel rascher verderben als unter den anscheinend ungünstigeren Bedingungen im Freien in gleicher Zeit, entsprechend den zwei verschiedenen Autooxydationsbedingungen, wie sie M o u r e u und D u f r a i s s e (l. c. 17) charakterisierten.

Im nachstehenden finden sich diesbezügliche Versuchsergebnisse, die im Bureau of Standards⁹⁴ erhalten wurden, wiedergegeben. Die Innen- und Außenalterung wurde an drei verschiedenen Mischungstypen (Nr. 1: Gummi-Schwefelmischung mit D. P. G. und wenig Zinkoxyd, Nr. 2: Luftschlauchmischung mit Hexa, Zinkoxyd und Gasruß, Nr. 3: Schwefel-Beschleunigermischung mit wenig Bleiglätte und größerer Menge von Kreide) vorgenommen.

Die sich über 15 Monate ausdehnenden natürlichen Alterungsversuche wurden teils im Freien bei jeder Witterung, auch Sonnenschein, teils im Zimmer bei 75° F (24° C) vorgenommen. Die Ergebnisse finden sich in der graphischen Darstellung der Abb. 1054 zusammengestellt.

Qualität Nr. 1 alterte unter den genannten Bedingungen außerordentlich verschieden, und zwar viel schneller im Freien als im geschlossenen Raum. Wesentlich geringer ist dieser Unterschied bei Nr. 2 und noch schwächer bei der Bleiglättemischung Nr. 3. Um einen Vergleich mit den

⁹⁴ Circular Bur. of St. Nr. 38 (Sept. 1927) S. 41 ff.

Veränderungen der künstlichen Alterung zu erhalten, wurden gleichartige Proben im Wärmeofen bei 70° in Luft (A), Sauerstoff (O) und Stickstoff (N) gealtert und hierauf der mechanischen Prüfung unterworfen. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Abb. 1055 zur Darstellung gebracht.

Hieraus ist zu erkennen, daß sämtliche drei Qualitäten im Stickstoffstrom langsamer als in Luft und in dieser wieder langsamer als im Sauerstoff verderben. Qualität Nr. 1 alterte unter den künstlichen Bedingungen wesentlich schwächer als die beiden anderen, Nr. 2 und 3 zeigten dagegen unter allen Bedingungen einander ähnliche Alterungsverhältnisse.

Die ersten kritischen Versuche über künstliche Alterungsprüfungen scheint C. R. Park⁹⁵ veröffentlicht zu haben. Er stellte als Kriterien eines künstlichen Alterungsversuches die folgenden auf:

1. daß für alle Proben, für die ein Vergleich erwünscht ist, eine gegebene Versuchszeit einer definierten Zeitspanne natürlicher Alterung gleichgesetzt werden kann,
2. daß die Veränderungen physikalischer Eigenschaften bei der beschleunigten und natürlichen Alterung in der gleichen Richtung liegen und daß der Grad dieser Veränderungen direkt vergleichbar erscheint,
3. daß eine künstliche Al-

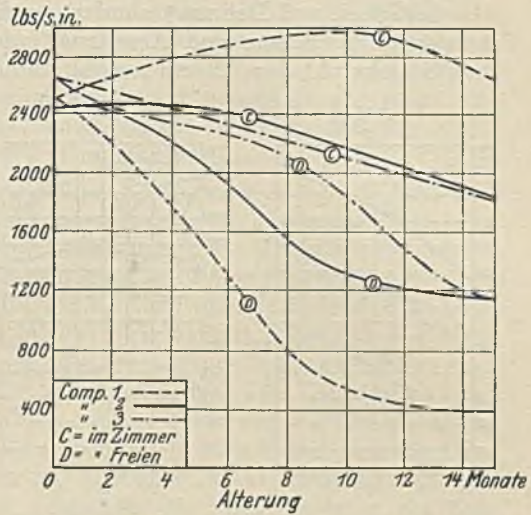


Abb. 1054. Veränderungen in der Bruchfestigkeit von Kautschuk-Mischungen bei natürl. Alterung. C im Zimmer, D im Freien (Bureau of Standards)

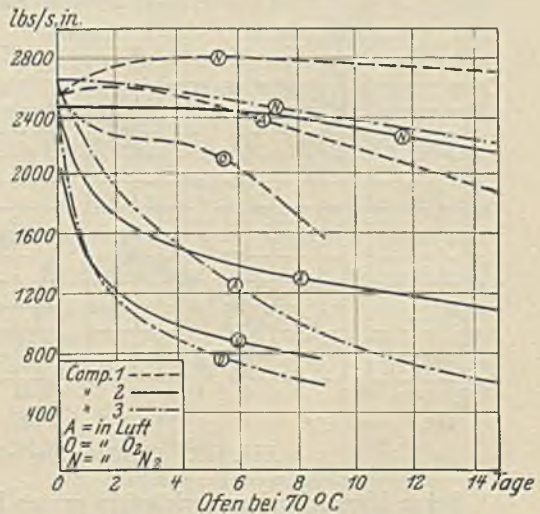


Abb. 1055. Veränderungen in der Bruchfestigkeit von Kautschuk-Mischungen in Luft, Sauerstoff und Stickstoff bei 70° Celsius (Bureau of Standards)

⁹⁵ Versuche über künstliche Alterung, Forschungslaboratorium der Goodyear Tyre and Rubber Co., Akron, Ohio, Kautschuk 2 (1926) S. 57

terung alle Eigenschaften in Betracht ziehen muß, die die Eignung eines Probestückes für bestimmte Zwecke ausmacht. Bei Autoreifen-Protectormischungen z. B. sind nicht nur die Werte der Zugfestigkeit und Dehnung, sondern auch der Modulus, der Widerstand gegen Einreißen und Abnutzung wichtige Eigenschaften, die vom Standpunkt der Alterung wohl studiert werden müssen.

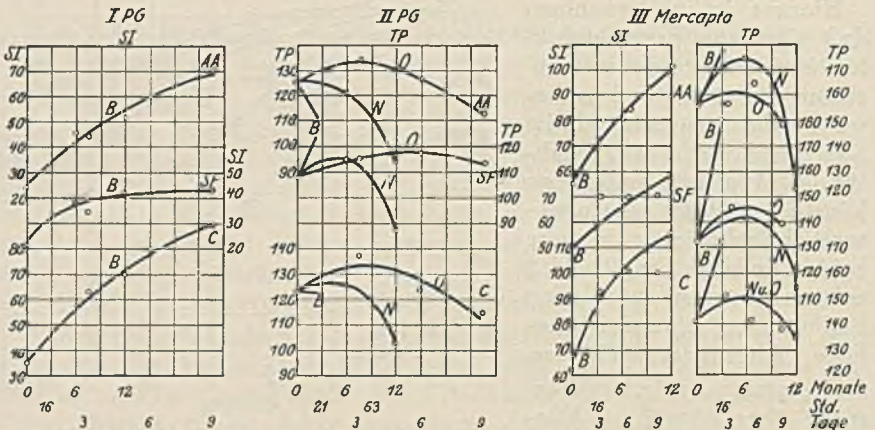


Abb. 1056. Vergleich zwischen natürlicher (N) und künstlicher Alterung verschiedener Kautschukmischungen im Geer-Ofen (O) und in der B.D.-Bombe (B), gemessen am Steifheits-Index (S.I.) und am Festigkeitsprodukt (T.P.) (nach C. R. Park)

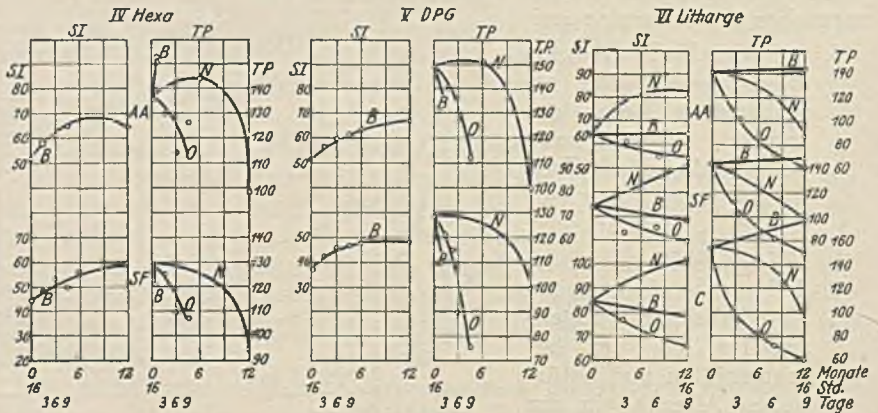


Abb. 1057. (Erläuterung siehe Abb. 1056)

Seine Versuche bezweckten in erster Linie, die Alterungsverhältnisse für verschiedene Beschleuniger festzulegen, da hierbei große Unterschiede zu erwarten waren. Es wurden Mischungen mit PbO, Mercapto, Hexa und D.P.G. miteinander verglichen, für die R. P. Dinsmore und A. O. Zimmermann⁹⁶ Zusammensetzung und physikalische

⁹⁶ Ind. Engng. Chem. 18 (Febr. 1926)

Eigenschaften festgelegt hatten. Als Maß der Veränderungen wurde der Steifheitsindex (S. I. = Differenz aus der Belastung für 700% und derjenigen für 500% Dehnung) sowie das Festigkeitsprodukt der 3, 6 und 9 Tage im Geerofen, 16 Stunden in der Bombe bzw. 6 und 12 Monate natürlich gealterten Proben herangezogen. Entsprechend der Forderung 2 mußte es möglich sein, die Zeitordinaten der Alterung so festzulegen, daß alle Werte irgendeiner physikalischen Eigenschaft auf einer ungebrochenen Kurve liegen. Es konnte gezeigt werden, daß die S. I.-Werte dieser Forderung weitgehend nachkommen.

In Abb. 1056 (I) sowie auf den linken Hälften der Abb. 1056 (III) und 1057 sind die korrigierten S. I.-Werte als Ordinaten gegen die Zeiten der Alterung aufgetragen. Die Kreuze bezeichnen die natürliche, die Kreise die Alterung im Ofen, und B diejenigen der Bombe. Hiernach zeigt die Schwefel-Kautschukmischung das größte Bestreben, während der Alterung an Steifheit zu gewinnen (Nachvulkanisation), während die Mercaptomischung dies in geringerem, die Hexa- und D. P. G.-Mischung im geringsten Maße besitzen (Reversionswirkung). Die Ergebnisse der natürlichen Alterung wurden als Standard gewählt, und die Ordinaten für die künstliche Alterung entsprechend festgelegt. Man ersieht aus den Darstellungen, daß die Punkte der S. I.-Werte im allgemeinen auf ungebrochenen Kurven liegen, mit Ausnahme der PbO-Mischung, die sich ganz abweichend verhält.

Wenn ein Alterungsversuch allen drei Forderungen Parks entsprechen würde, so müßte man beim Auftragen der Daten für eine andere physikalische Eigenschaft auf die gleichen Ordinaten ebenfalls wieder ungebrochene Kurven erhalten. Der Versuch, dies für das Festigkeitsprodukt auszuführen, ergab kein sehr zufriedenstellendes Ergebnis (vergl. Abb. 1056 II und 1057 rechte Hälften). Man sieht ohne weiteres, daß die Veränderungen im Festigkeitsprodukt nach den drei Methoden in keiner Weise mit den Veränderungen des Steifheitsindex in Einklang zu bringen sind.

Zieht man die letzteren Werte als Maßstab heran, so ergibt sich für die verschiedenen Methoden und Mischungstypen der folgende Vergleich:

Mischung	Es entsprechen gleichen S. I.-Werten		
	Ofen 70°	Bombe 21 Atü 60°	natürl. Alterung
Kautschuk-Schwefel-Mischung	4,8 Tage	84 Stunden	12 Monate
Mercapto-Mischung	10,4 „	64 „	12 „
Hexa-Mischung	24,0 „	260 „	12 „
D. P. G.-Mischung	24,0 „	200 „	12 „
PbO-Mischung	gibt keine vergleichbaren Werte		

Eine allgemein gültige Äquivalenzregel zwischen den verschiedenen Alterungstesten bei verschiedenen Mischungstypen ist hieraus nicht ableitbar.

Zur Klärung der vielfach sich widersprechenden Angaben bei Ergebnissen über beschleunigte Alterung berief die Rubber Division der American Chemical Society 1929 eine eigene Sitzung ein, in der zahl-

reiche Forscher zum Problem der künstlichen Kautschukalterung Stellung nahmen.⁹⁷ Übereinstimmend wurde von diesen etwa folgendes festgestellt: Die Faktoren, die Kautschukwaren zerstören, sind Oxydation durch Luftsauerstoff, Nachvulkanisation infolge Hitze, Beeinflussungen durch Licht und mechanische Abnutzung (Ermüdung). Alle bekannten Alterungsprüfungen übertreiben einen dieser Faktoren und sind daher nur für solche Fälle zu gebrauchen, in denen der betreffende Einfluß die Hauptrolle spielt. So übertreibt z. B. der Sauerstoffbombentest die Oxydation bei der meist benutzten Bedingung von 60° C und 21 Atü, während andere Einflüsse, wie z. B. die Nachvulkanisation, stark schwefelhaltiger Mischungen verdeckt werden. Hier empfiehlt es sich, mildere Bedingungen anzuwenden, etwa nur 50° C und niedrigeren Druck. Eine bestimmte Beziehung zwischen natürlicher Alterung und Versuchsdauer beim Bombentest läßt sich nicht aufstellen. Es ist notwendig, zusammen mit einer neu zu untersuchenden Probe eine mit bekannt guter Alterung zu vergleichen und aus dem Verhalten beider Proben nach der Behandlung auf die Güte der unbekanntenen zu schließen (Bierer-Davis).⁹⁸ Zu ganz übereinstimmenden Ergebnissen kam St. Krahl.⁹⁹

Über die Bevorzugung des einen oder anderen der beiden Alterungsteste wurden die folgenden Urteile abgegeben: Der B.-D.-Test bietet einen wertvollen Anhalt bei Mischungen, die besonders der Oxydation ausgesetzt sind. Für andere, bei denen die zerstörenden Einflüsse anderer Natur sind, reicht er nicht aus. Dies ist z. B. der Fall, wenn die Oxydation das eine Mal durch Antioxydantien verhindert wird, das andere Mal nicht. Hier wäre der Geerofentest vorzuziehen (W. W. Vogt).¹⁰⁰

Dagegen ist es nach A. H. Smith¹⁰¹ der beste Weg, die Schutzwirkung eines Antioxydants zu erproben, indem man die B.-D.-Bombe benutzt. Beim Vergleich verschiedener Alterungsschutzmittel ist es sehr wichtig, daß der Vulkanisationsgrad der die Schutzmittel enthaltenen Mischungen stets vergleichbar ist. Man macht am besten drei Proben: je eine mit einer unterheizten, einer Normalheizung und einer überheizten Probe. Hierdurch lassen sich deutliche Unterschiede bei den verschiedenen Alterungsversuchen feststellen. Bei Vulkanisaten, bei denen Überheizung zu befürchten ist, wählt man naturgemäß das gegen Übervulkanisation unempfindlichste Antioxydants.¹⁰²

Auch bei der Alterungsprüfung von kupfer- und manganhaltigen Mischungen erweist sich der B.-D.-Test dem Geerofen überlegen. Dagegen versagen beide bei der Feststellung des Verhaltens auf Ribbildung unter Spannung und auf Lichtrißbildungen (S. M. Cadwell).¹⁰³

⁹⁷ Symposium on Ageing — Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 1008 ff.

⁹⁸ Beziehungen zwischen natürlicher und künstlicher Alterung, *ibid.* 1008.

⁹⁹ Symp. I. c. 1009

¹⁰⁰ Symp. I. c. 1015

¹⁰¹ Anwendung von Beschleunigern und Alterungsschutzmitteln. Kautschuk 7 (1931) S. 70

¹⁰² Vgl. die abweichende Ansicht Garners, T. R. — I.R.J. 77 (1929) S. 31

¹⁰³ Symp. I. c. S. 1017

d) Beschleunigte Alterungsprüfung mit Hilfe von Ultraviolettlicht

Noch umstrittener als der Geerofentest und die Bombenalterung als Ersatz für den Alterungsversuch unter Gebrauchsbedingungen (etwa im Freien) sind die Alterungsmethoden mit Hilfe von Ultraviolettlicht.

Man dachte vor allem daran, das Ultraviolettlicht von Quecksilberdampflampen und Metalllichtbögen als Ersatz für das oft schwierig erreichbare und unter ungleichen Bedingungen vorliegende Sonnenlicht benutzen zu können. So versuchte Guy Barr¹⁰⁴, die schwierige Tropfenprüfung von Ballonstoffen durch eine Quarzlampenprüfung zu ersetzen. Wie die weit stärkere Schwefelsäurebildung in der Tropensonne bewies, wirkt letztere stärker zerstörend auf die Kautschuksubstanz, die Quarzlampe dagegen stärker auf die Gewebe ein. Während die Gasdurchlässigkeit unter der Lampe kaum abnahm, fand in der Tropensonne starke Verminderung derselben statt.

Dieses verschiedenartige Verhalten dürfte vor allem auf den Unterschied in der spektralen Zusammensetzung der beiden Lichtquellen zurückzuführen sein¹⁰⁵, ferner darauf, daß Ultraviolettlicht je nach seiner Wellenlänge stärkere oder schwächere Ozonisierung der umgebenden Luft bewirkt, und daß dieser Ozonwirkung zweifellos ein wesentlicher Anteil an den auftretenden Veränderungen zuzuschreiben ist (vergl. Abb. 1059).

Während nun eine Anzahl von Forschern die Brauchbarkeit der künstlichen Ultraviolett-Lichtquellen für die Zwecke der beschleunigten Alterungsprüfung von Kautschuk verwerfen (z. B. Bierer und Davis l. c.), sind andere¹⁰⁷ der Überzeugung, daß dem Ultraviolettlicht eine spezifische Wirkung, z. B. bei der Ribbildung, zukomme, wodurch es mit Sonnenlicht vergleichbar wäre. So konnte M. Krahl¹⁰⁸ in Übereinstimmung mit späteren Ergebnissen von Rossem und Talens (l. c.) an Kabelmischungsproben, die um 180° gebogen waren, auch bei langer Einwirkung eines ozonisierten Luftstromes keine Ribbildungen beobachten, während solche auftraten, wenn die Proben kurze Zeit der gleichzeitigen Wirkung einer Quarzlampe ausgesetzt wurden. Die Wirkung konnte durch Vorschalten einer dünnen Glasscheibe (Absorption der ultravioletten Strahlen) stark vermindert werden. Es scheint demnach außer der Wärmewirkung noch eine spezifische Wirkung der Ultraviolettstrahlen vorzuliegen. Krahl erklärt die Ribbildung in ge-

¹⁰⁴ Trans. I.R.I. 5 (1929) S. 31

¹⁰⁵ Kautschuk 8 (1932) S. 74

¹⁰⁶ Als offensichtlicher Nachteil der Quecksilberdampflampen ist zweifellos der Umstand hervorzuheben, daß ihre Intensitäten je nach der Stärke der Belastung sehr ungleich sein können, und daß die Intensität der einzelnen Lampe bei längerem Gebrauch stark abnimmt. Krahl, M. (l. c. 96), schlägt daher eine Testschwärzung mit Celloidin-Papier bzw. die Verwendung eines modifizierten Erythem-Dosimeters nach Keller, Ph., vor.

¹⁰⁷ Asano, K. (I.R.J. 70 (1925) S. 11), schlug eine Kombination von Geerofenalterung und U.V.-Bestrahlung mit gleichzeitiger Luftabsaugung vor.

¹⁰⁸ Kautschuk 3 (1927) S. 159 u. 180. (Mitteilungen aus dem AEG.-Kabelwerk, Oberspreew.)

dehntem Zustand in der Weise, daß er annimmt, daß die gedehnten Micellarfasern durch die Licht- und Ozonwirkung wie durch eine Messerschneide zerschnitten würden, wodurch die Reststücke schrumpfen und die benachbarten Fasern der zerstörenden Wirkung preisgeben, wobei die Ribbildung nach der Tiefe fortschreitet.

Krahl arbeitete eine Versuchsanordnung nach folgendem Prinzip aus: Die Proben werden in Form kurzer, etwa 1 mm starker Zerreißstäbchen ohne Dehnung auf eine kühl- und drehbare Trommel aufgespannt und unter Rotation derselben in einem bestimmten Abstand von der Lampe belichtet.

Die Ergebnisse an Kabelmischungen sind zum Teil mit denen der Geerofen-Alterung vergleichbar. Etwas untervulkanisierte Proben vulkanisierten nach, verhielten sich demnach besser als völlig ausgeheizte Proben. Mischungen mit Alterungsschutzmitteln scheinen dagegen

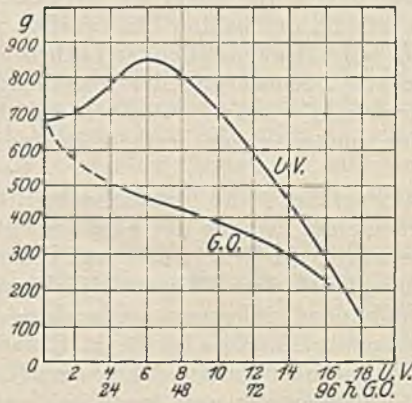


Abb. 1058. Änderung der Klebkraft (g) von Isolierband in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdauer (U.V.) bzw. der Geerofenalterung (G.O.) (nach M. Krahl)

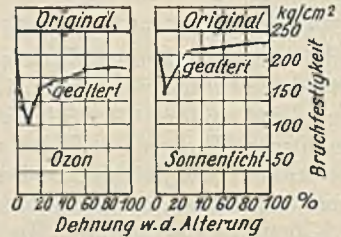


Abb. 1059. Beziehungen zwischen der Alterung in Ozon und im Sonnenlicht bei gedehnten Kautschuk - Proben (nach A. A. Somerville)

stärker angegriffen zu werden als im Geerofen; hierin ähnelt die Lampenalterung mehr dem Bombentest. Auch die von Krahl beobachtete Änderung der Klebfähigkeit von Isolierbändern bei Ultraviolett-Belichtung bzw. bei der Geerofen-Alterung zeigt deutlich, daß hier wesentliche Unterschiede vorliegen, und daß erstere Alterungsart zweifellos den Verhältnissen bei der natürlichen Alterung im Licht näherkommt als letztere (Abb. 1058). Daß die Sonnenlichtalterung gedehnter Proben weitgehend mit einer Ozonalterung übereinstimmt, läßt Abb. 1059 deutlich erkennen (l. c. 42).

Desgleichen lassen die von O. Merz (l. c.) erhaltenen Versuchsergebnisse an Faltschutthäuten bei natürlicher Alterung im Freien, verglichen mit Ultraviolettlichtalterung einen deutlichen Zusammenhang mit der natürlichen Neigung der Stoffe zur Lichtrißbildung erkennen.

Nach T. L. G a r n e r (l. c. Anm. ⁸⁵) eignet sich die Ultraviolettbelichtung auch gut zum Vergleich der durch natürliches Licht bewirkten Verfärbungen bei Kautschukmischungen mit verschiedenen Antioxydantien.

Abschließend wäre demnach zu sagen, daß auch die Ultraviolettlicht-Alterung von Kautschukvulkanisaten Schlüsse auf deren Verhalten bei Alterung im Sonnenlicht zuläßt. Es ist dabei nur zu berücksichtigen, daß stets nur ähnlich zusammengesetzte Qualitäten (etwa Gummistoffe) miteinander verglichen werden und möglichst unter gleichen Bedingungen (Lampenabstand, Temperatur, Ozonkonzentration und Lichtintensität) gearbeitet wird.

e) Chemisch-analytische Methode der Alterungsprüfung von Vulkanisaten

Einen Versuch, die bei künstlich beschleunigter Alterung vor sich gehenden chemischen Veränderungen an Vulkanisaten analytisch zu erfassen, um entsprechende Schlußfolgerungen auf ihr Verhalten im Gebrauch ziehen zu können, haben v a n R o s s e m und D e k k e r unternommen.¹⁰⁹

Von Wichtigkeit für den chemisch-analytischen Nachweis einer beginnenden Oxydation bei technischen Vulkanisaten ist die von den genannten Autoren gemachte Feststellung des Verhaltens des alkoholischen Laugenextraktes derselben nach kurzer künstlicher oder natürlicher Alterung. Hiernach nehmen bei beginnender Oxydation die löslichen Oxydationsprodukte im alkoholischen Alkaliextrakt eher und schneller zu als der Gesamt-Acetonextrakt.

Man kann im allgemeinen behaupten, daß bei einem hohen Gehalt an Oxydationsprodukten die Qualität eines Artikels gering ist. Aus diesem Grunde wurde vorgeschlagen, daß der Gehalt an Oxydationsprodukten, z. B. von Gummiaderleitungen, 0,8% nicht übersteigen soll, eine Forderung, die in den neuen holländischen Normenvorschriften endgültig gestellt wurde.

Ferner wurde ein Zusammenhang zwischen der Menge der Oxydationsprodukte und den mechanischen Eigenschaften der gealterten Proben gefunden. Bei höherem Gehalt an ersteren sind meist auch letztere ungenügend. Wenn bei der künstlichen Alterung im Geerofen eine schnelle Zunahme der Oxydationsprodukte stattfindet, kann mit ziemlicher Sicherheit eine ungünstige natürliche Alterung vorausgesagt werden. Ähnliches gilt von der Dampfprobe für Heizschläuche.

¹⁰⁹ Kautschuk 5 (1929) S. 13. Den ersten Versuch einer analytischen Erfassung der Oxydationsvorgänge an vulk. Kautschuk scheint Burghardt in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts unternommen zu haben. Er schreibt darüber in Thorpe's Dictionary of Applied Chemistry Vol. 11, page 320, folgendes: »The amount of oxygen taken up or combined with the caoutchouc is an index of the amount of deterioration which it has undergone«, und belegt diese Behauptung mit einer Anzahl quantitativer Elementar-Analysen von ungealterten und gealterten Vulkanisaten. Vgl. Weber, C. O., The Chemistry of India Rubber S. 298. Burghardt wies auch als erster auf den schädlichen Einfluß des Kupfers hin.

In nachstehender Tabelle ist eine von den holländischen Forschern veröffentlichte Zusammenstellung wiedergegeben, die den Zusammenhang zwischen den analytisch feststellbaren Veränderungen und den mechanischen Eigenschaften nach künstlicher Alterung (Geerofen) einiger technischer Gummiartikel deutlich erkennen läßt:

Zusammenhang zwischen der Bildung von Oxydationsprodukten und einigen mechanischen Eigenschaften von technischen Gummiartikeln nach künstlicher Alterung im Geerofen. Nach A. van Rossem und P. Dekker (l. c.).

	Bremschlauch 261/27 äußere Schicht		Preßluftschlauch 59/28 äußere Schicht		Dampfschlauch 277/27 äußere Schicht	
	Vor Alterung bei 70° C.	Nach 168 Std. bei 70° C.	Vor Alterung bei 70° C.	Nach 168 Std. bei 70° C.	Vor Dampfprobe 40 Std. bei 152° C.	Nach
Acetonextrakt minus freiem Schwefel	7,9%	8,3%	2,9%	2,9%	4,4%	6,9%
Alkoholischer Laugeextrakt	5,2%	5,7%	0,9%	1,3%	1,0%	3,8%
Oxydations- produkte ¹¹⁰	3,9%	4,4%	0,4%	0,7%	0,2%	2,3%
Zugfestigkeit kg/qcm	48	40	99	78	148	37
Bruchdehnung %	150	120	355	260	488	220

Bremschlauch 261/27 zeigte schon vor der künstlichen Alterung einen hohen Gehalt an Oxydationsprodukten. In Übereinstimmung damit waren auch die mechanischen Eigenschaften vor seiner Alterungsprüfung ungenügend. Preßluftschlauch 59/28 hatte einen niedrigen Gehalt an Oxydationsprodukten, der bei der beschleunigten Alterung nur wenig zunahm. In Übereinstimmung hiermit waren und blieben die mechanischen Eigenschaften befriedigend. Dampfschlauch 277/27 zeigte vor dem Erhitzen einen sehr geringen Gehalt an Oxydationsprodukten und in Übereinstimmung damit sehr hochwertige mechanische Eigenschaften. Während der Dampfprobe stieg der Gehalt an Oxydationsprodukten stark an unter starkem Abfall der Bruchfestigkeit und Dehnung. Der Schlauch zeigte daher ungenügende Dauerhaftigkeit, was auf Grund der ursprünglichen Festigkeitswerte nicht zu erwarten war.

Besonders bei Kautschukartikeln, bei denen die Bestimmung der mechanischen Eigenschaften schwierig oder unmöglich ist, scheint die chemisch-analytische Bestimmung des Gehaltes an Oxydationsprodukten bzw. deren Ansteigen bei künstlicher Alterung ein recht brauchbares Mittel zur Prüfung ihrer Dauerhaftigkeit abzugeben.

¹¹⁰ Die »Oxydationsprodukte« stellen die Differenz aus dem alkohol. Laugeextrakt und den in diesem nach der Trocknung und abermaligen Behandlung mit alkohol. Alkali zurückbleibenden Kautschukfettsäuren dar. Erstere bilden den früher erwähnten zusammenhängenden Film an den Gefäßwänden.

4. Einige spezielle Methoden der Alterungsprüfung von Kautschukerzeugnissen

a) Alterung gewebehaltiger Vulkanisate

Daß die Alterungsprüfung dünn-schichtiger gewebehaltiger Gummi-erzeugnisse besonderes Interesse beansprucht, ist wiederholt betont worden. Hier soll noch des näheren auf die Veränderungen, denen die Gewebe, insbesondere solche aus Baumwolle, beim Altern in Verbindung mit Vulkanisaten ausgesetzt sind, eingegangen werden.

Die Baumwolle ist ebenso wie der Kautschuk stark der Einwirkung von Wärme, Licht und Sauerstoff unterworfen. Hierzu kommt noch die große Empfindlichkeit gegen Spuren von Alkalien und Säuren, welcher Eigenschaft man sich bekanntlich bei der Regeneration gewebehaltiger Gummiabfälle bedient. Wird Baumwollgewebe mit stark verdünnten Säuren etwa $n/2000$ bis $n/8000$ längere Zeit bei verschiedenen Temperaturen erhitzt, so zeigt sich, daß die Abnahme der Festigkeit mit Verdoppelung des Säuregrades $1\frac{1}{2}$ mal und bei Erhöhung der Temperatur um etwa 10°C doppelt so groß wird. Die Ursache der Zerstörung ist jedenfalls auf Bildung von Oxycellulose zurückzuführen. In gleichem Sinne wirkt Bleichen (Chlor) bei mangelhaftem Neutralisieren und Auswaschen. In der Kautschukindustrie kommen Gewebeschädigungen bei mangelhafter Kaltvulkanisation (Abspaltung von HCl) sowie infolge von Schwefelsäurebildung beim Altern von Heißvulkanisaten sowie gewisser Schwefelfarbstoffe in Frage.¹¹¹

Ganz besonders empfindlich ist Baumwolle gegen die Wirkung von Ultraviolettlicht. Hierüber liegen ältere Ergebnisse von P. W a e n t i g¹¹² vor. Während Wolle weder im Sonnenlicht noch bei Belichtung mit Quecksilberlicht eine nennenswerte Schädigung, ausgedrückt durch Änderung von Bruchfestigkeit und Dehnung, erfährt, erleidet natürliche Baumwollfaser eine beträchtliche Veränderung bei Belichtung mit kurzwelligem Licht. Wesentlich geringer ist dessen Einfluß auf Kunstseide, mit Ausnahme von Acetatseide, wie die nachstehende Tabelle aus der zitierten Arbeit W a e n t i g s erkennen läßt.

Material	unbelichtet	direkt	Bruchbelastung in g 24 Std. mit Hg-Licht belichtet		
			durch Glas	durch Uviolglas	durch Quarz
Ägyptische Baumwolle	7,2	3,0	7,5	7,3	4,0
ungebleicht	6,0	3,2	—	—	—
Amerikanische Baumwolle	6,3	2,0	—	—	—
ungebleicht	6,3	1,6	—	—	—
Kotonis. Flachs, gebleicht	16,5	7,3	15,3	15,5	8,0
Kunstseiden:					
Nitroseide (10,2 D)	13,4	12,5	12,2	—	—
Viscose (6,6 D)	9,7	8,5	9,1	—	8,5
Kupferseide (5,0 D)	9,8	9,1	9,8	—	—
Acetatseide	4,4	2,2	4,2	—	—

¹¹¹ Kirkwood, J. — Trans. I.R.I. 7 (1931) S. 228

¹¹² Z. angew. Chem. 36 (1923) S. 357

Am wirksamsten sind Wellenlängen unter 4000 Å. Farbstoffe schützen um so besser, je stärker sie die Strahlen dieser Wellenlängen absorbieren, dagegen gibt es wieder solche, die die Baumwolle für Licht sensibilisieren, analog wie gewisse Metallsalze, insbesondere Ferro- und Manganosalze, dies gegenüber Sauerstoffwirkung tun (l. c.).⁵⁶

Ähnlich wie beim Kautschuk macht sich auch bei der Baumwolle der schädliche Einfluß des Erhitzens in Gegenwart von Luft geltend. Bei Temperaturen über 120° findet steigende Abnahme der Bruchfestigkeit statt, wie eingehende messende Versuche von A. H. Tiltmann und P. D. Porritt bewiesen.¹¹³ Diesem Umstand kommt große praktische Bedeutung für Autoreifen im Betrieb, insbesondere für Riesenluftreifen zu, bei denen anhaltende Temperatursteigerungen auf 90 bis 100° C nichts Seltenes sind, sowie für Brems- und Heizschläuche, ferner für in Heißluft vulkanisierte Artikel mit Gewebe-Einlagen (Schuhe, Gummistoffe usw.).

b) Künstliche Alterungsprüfung von Druckluftschläuchen, gemäß den Abnahmebedingungen nach Berg 18

Über Alterungsprüfung an Druckluftschläuchen gemäß den Abnahmebedingungen der Berg 18 haben Schlobach und Busen¹¹⁴ umfangreicheres Material veröffentlicht. Sie vertreten die Ansicht, daß es zweckmäßig sei, für den Abnahmeversuch eine Probe zu verwenden, die in der gleichen Weise beansprucht werden kann, wie die in der Grube natürlich gealterten Schläuche.

Da nun die Druckfestigkeit und die Trennfestigkeit der Einlagen als wichtige Gütezahlen bei neuen Schläuchen angesehen werden, sind diese Werte auch an gealterten Schläuchen bestimmt worden. Der Unterschied dieser Werte bei neuen und gealterten Schläuchen ist als Index für die Alterungserscheinungen angenommen werden. Die vergleichenden Untersuchungen wurden an Schlauchtypen gemacht, die vor der Alterung von den im neuen Zustand untersuchten Probestücken abgeschnitten worden waren. Die künstliche Alterung wurde erzielt durch sechstägige Erwärmung auf 70° in einem Thermostaten, bei dem durch Herstellung einer Boden- und Deckplattenöffnung für die nötige Lüfterneuerung gesorgt wurde.

Es wurden 22 Schläuche von 14 verschiedenen Firmen der Alterung und der darauffolgenden Bruch- und Trennfestigkeitsprüfung unterworfen. Die hierbei festgestellten Schwankungen sind recht beträchtlich (Tafel 1, l. c., Seite 71). Die Verluste für Trennfestigkeit nach der sechstägigen Alterung sind im Durchschnitt etwa doppelt so groß wie diejenigen für die Druckfestigkeit (etwa 20% gegen 10%), die Streuungen in den einzelnen Fällen aber oft weitaus größer. Hierbei zeigt die Abnahme der Trennfestigkeit die Alterung der Gummierung an, während diejenige der Druckfestigkeit auf die Schädigung der Gewebeeinlagen zurückweist. Da die Festigkeit der Textilien durch den Feuchtigkeits-

¹¹³ I.R.J. 76 (1928) S. 245

¹¹⁴ Kautschuk 7 (1931) S. 169

gehalt bekanntlich wesentlich beeinflußt wird, wurden die Schlauchproben nach Beendigung der Alterung noch einige Tage gelagert. Die Abnahme der Druckfestigkeit (Bruchfestigkeit der Gewebereinlagen) ist zweifellos auch hier zum Teil auf Bestandteile zurückzuführen, die sich bei der Oxydation des vulkanisierten Kautschuks bilden (SO_2 , SO_3).

In den Änderungsvorschlag für die Abnahmeprüfung ist lediglich die Bestimmung aufgenommen worden, daß der Alterungsverlust an Trennfestigkeit nicht mehr als 25%, derjenige an Druckfestigkeit nicht mehr als 15% betragen darf, ohne eine Mindest-Trenn- oder Druckfestigkeit nach der künstlichen Alterung vorzuschreiben. Ein Schlauch mit hoher Trenn- und Druckfestigkeit darf also prozentual keinen höheren Alterungsverlust als ein solcher mit entsprechend niedrigeren Werten aufweisen.

Der Änderungsvorschlag Din Berg 18 für die Abnahme von Druckluftschläuchen hat betreffend die Alterungsprüfung den folgenden Wortlaut erhalten:

Von je 500 m Schlauch einer Lieferung sind zweimal je 0,6 m künstlich zu altern. Die Probestücke werden in einen Wärmeschrank (Thermostat) 120 Stunden = 6 Tage lang bei einer Temperatur von 70°C gelagert. Die Temperatur darf während der Alterung um nicht mehr als $\pm 1,5^\circ \text{C}$ schwanken. Durch kleine Öffnungen im Wärmeschrank ist für dauernd gleichmäßige Lüfterneuerung zu sorgen. Nach beendeter Alterung werden die Probestücke mindestens 24 Stunden bei Raumtemperatur gelagert. Danach werden die Untersuchungen auf Druckfestigkeit (Ziffer 2 Din Berg 18) und Trennfestigkeit (Ziffer 4) wiederholt. Der Verlust infolge der Alterung darf nicht mehr betragen als:

15% für die Druckfestigkeit.

25% für die Trennfestigkeit.

Es ist klar, daß man die Prüfung auf Trennfestigkeit vor und nach Alterung auch auf andere gewebehaltige Gummiartikel anwenden kann, z. B. auf Treibriemen, Transportbänder, Autoreifen-Karkassen usw.

c) Alterungsprüfung von Schwammkautschuk.¹¹⁵ (Siehe auch Abschnitt »Schwammkautschuk«.)

Die Untersuchung der Kompressionseigenschaften ermöglicht eine Einteilung der verschiedenen Schwammgummiarten in drei Gruppen:

- A) Speziell leichte Schwämme mit vollkommen offenen Poren.
- B) Mittelschwere Schwämme, manchmal mit teilweise zellularer Struktur.
- C) Harte, vollständig oder fast vollständige Zellkautschuke.

Diese drei Arten lassen sich praktisch ohne weiteres durch die im Belastungskompressionsversuch erhaltenen Kurven unterscheiden, wie diese in Abb. 1060 wiedergegeben sind.

Für die beschleunigte Alterungsprüfung kann man den Ofentest oder die Bombe anwenden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die äußeren

¹¹⁵ Brazier, A. — Trans. I.R.I. 6 (1931) S. 526 u. 557, ref. Gummi-Ztg. 46 (1932) S. 1433

Zellschichten des Schwammgummis dem Angriff des Luftsauerstoffs viel stärker unterworfen sind als die weiter innen liegenden, in denen die Luft stagniert. Um diesen Nachteil zu vermeiden, wurde eine Methode der künstlichen »Atmung« angewendet, die darin besteht, daß man das Prüfstück komprimiert und dann in Luft oder im Sauerstoff wieder expandieren läßt, und diese Vorgänge in regelmäßigen Abständen während einiger Stunden wiederholt. Die so behandelten Proben werden im Ofen oder in der Bombe weitergealtert.

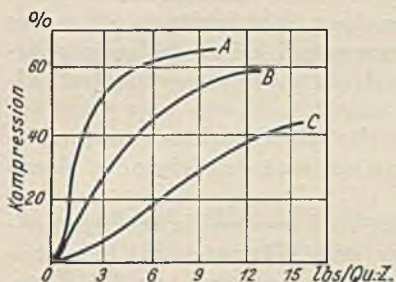


Abb. 1060. Belastungs-Kompressionskurven verschiedener Schwammgummi-Sorten (nach A. Brazier)

der ungealterten und gealterten Schwammgummiartikel festzustellen. Die Methode besteht darin, daß man die Muster in vollständig komprimiertem Zustande 72 Stunden auf 70° C erhitzt, wodurch sie in eine feste zusammenhängende Masse übergeführt werden, an der auch unter dem Mikroskop keine Poren mehr zu erkennen sind. Es ist klar, daß dieses Verfahren nicht die ursprünglichen Festigkeitseigenschaften des Schwammgummis nach der Vulkanisation erkennen läßt und lediglich Vergleichszahlen zwischen den gealterten und ungealterten Mischungen liefert. Letztere haben durch den dreitägigen Erhitzungsprozeß starke Nachvulkanisation bzw. Reversion erfahren. Immerhin gibt die Methode die Möglichkeit, mit den in den meisten Kautschuklaboratorien vorhandenen Prüfeinrichtungen Vergleichswerte zu erhalten.

d) Alterung unter Dehnung und Wärmewirkung. Hitzebeständigkeitsprüfung von Luftschräuchen usw.

Über die Alterung von Vulkanisaten bei verschiedener Dehnung und unter ^(41, 42) verschiedenartigen Bedingungen ist bereits früher mehrfach die Rede gewesen. Besondere Bedeutung erlangt diese Art der Alterung bzw. die beschleunigte Prüfung auf dieser Basis für großdimensionierte Luftschräuche von Autobussen, Lastwagen usw. sowie für die Seitenwände solcher Riesenluftreifen.¹¹⁷

¹¹⁶ Trans. I.R.I. 4 (1929) S. 486

¹¹⁷ The ageing of rubber under varying elongations Ind. Engng. Chem. 21 (1929) S. 1183. Die Idee der Dehnung von Kautschukproben während der Alterung ist keineswegs neu. Sie scheint in Deutschland zuerst von A. Martens (Über

Der Einfluß der Alterung kann so gemessen werden, daß man die gealterten Probestücke der erwähnten Belastungs-Kompressionsprüfung unterwirft. Die Alterung führt im allgemeinen dazu, daß die Schwämme härter werden, infolgedessen der Kompression größeren Widerstand entgegensetzen, dafür aber größere Ermüdung in der Entlastungskurve zeigen.

Etwas willkürlich erscheint die von H. P. Stevens¹¹⁶ vorgeschlagene Prüfmethode, die es ermöglichen soll, Bruchfestigkeit und Dehnung

Bei der Prüfung (l. c. ⁴²) werden die Proben um 25 bis 50% gedehnt (etwa die Dehnung, die aufgeblasene Schläuche im Gebrauch erfahren) und dann in einem Vulkanisationskessel 8 Stunden in Luft von 127° C erhitzt. Zu diesem Behufe werden aus den vulkanisierten Platten (oder den Schläuchen) kreisförmige Ringe gestanzt oder gestochen und diese über einen abgestuften Stahlkegel (Abb. 1061) gezogen, wodurch Dehnungen von 0 bis 100% erzielt werden können. Abb. 1062 zeigt die Er-



Abb. 1061. Abgestufter Kegel für Ringdehnungen während der Alterung

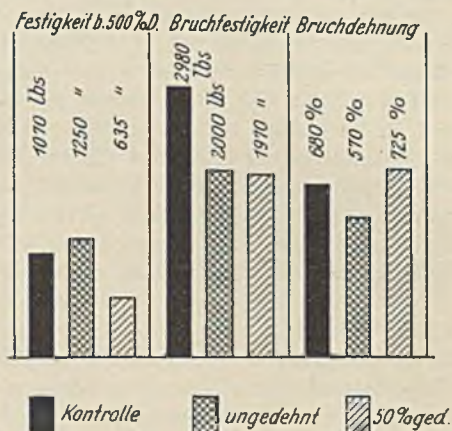


Abb. 1062. Ergebnisse bei einer Alterungsprüfung unter Dehnung (nach A. A. Somerville)

gebnisse einer solchen Alterungsprüfung an einer Luftschlauchmischung mit 65 Teilen ZnO auf 100 K. Die wiedergegebenen Zahlen zeigen die ursprünglichen Werte im Vergleich mit den Werten nach der Alterung, sowohl der gedehnten wie der ungedehnten Proben. Hieraus geht hervor, daß bei den während der Hitzealterung gedehnten Proben der Modul (Belastung bei 500% Zugdehnung) und die Bruchfestigkeit abnehmen, die Bruchdehnung dagegen wächst.

E. W. Booth ¹¹⁸ setzt bei der Prüfung von Luftschläuchen auf Hitzebeständigkeit Stabproben derselben einem Luftdruck von 7 Atü (100 lbs.) bei 121° C 8 bis 10 Stunden aus. Die Proben befinden sich in einem Gestell unter 50% Dehnung. Während eine hochwertige Reifenqualität bei dieser Prüfung nach 18 Stunden 90% ihrer Bruchfestigkeit verlor, büßte ein hitzebeständiger Luftschlauch nur 30% derselben ein. Die Prüfung soll einen guten Anhaltspunkt für die Hitzebeständigkeit im Gebrauch ergeben.

die technische Prüfung von Kautschuk und Ballonstoffen im Kgl. Materialprüfungsamt, Ber. Preuß. Akad. Wiss. 14 (1911)] systematisch angewandt worden zu sein. (Vgl. Handbuch d. Kautschukwissenschaft l. c. S. 661 ff.)

¹¹⁸ Ind. Engng. Chem. 24 (1932) S. 555

KAUTSCHUK-DERIVATE UND KÜNSTLICHE ISOMERE DER NATÜRLICHEN KAUTSCHUK-KOHLLENWASSERSTOFFE

VON DR. F. F. KIRCHHOF, HARBURG / ELBE

Auf dem Rohkautschuk-Kongreß zu Philadelphia im September 1926 hielt W. C. Geer einen Vortrag, betitelt »Zukunftsaussichten des synthetischen Kautschuks«, Geer kritisierte u. a. die Bestrebungen, Kautschuk auf synthetischem Wege herzustellen, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus, da als Ausgangsmaterial für diesen Stoff Kohle oder Petroleum, also aufgespeicherte Sonnenenergie diene, die sich nur in beschränkter Menge auf der Erde vorfinde. Es sei daher unökonomisch, zu diesem Ausgangsmaterial zu greifen, für ein Produkt, das mittels Kultivierung leicht mit Hilfe der gegenwärtig eingestrahlt Energie der Sonne gewonnen werden könne. »Es sei daher«, wie Geer humorvoll meinte, »logischer, den Spieß umzudrehen und z. B. Motorentreibstoff aus Kautschuk herzustellen statt umgekehrt.«¹

Die Entwicklung auf dem Rohkautschukmarkt in den letzten sechs Jahren scheint diesen Gedankengängen W. C. Geers durchaus recht zu geben. Zwar sind wir noch immer nicht so weit, Motorenbetriebsstoff aus Kautschuk zu gewinnen, dafür haben sich aber vielfache und kräftige Ansätze entwickelt, Kautschuk als billiges Ausgangsmaterial zur Herstellung neuer chemischer Produkte heranzuziehen, wozu bisher vielfach andere Natur- oder synthetische Stoffe verwendet wurden.

Die erste bedeutende Erfindung, die ein Kautschukderivat als geeigneten Ersatz für andere Stoffe lieferte, war diejenige des Hartgummis oder Ebonits durch Nelson Godyear (1851).^{1a} Ebonit ist dann auch bis in die neueste Zeit das technisch wichtigste Kautschukderivat ge-

¹ Rossem, A. van, The American Rubber Industry and its Scientific Research work (1927) S. 16

Immerhin erscheint es bemerkenswert, wenn Francis P. Garvan, Präsident der Chemical foundation N. Y. in seinem Begleitschreiben zu dem Buch »The significance of Nitrogen« von J. E. Zanetti über synth. Kautschuk in USA. folgendes schreibt »Synthetischer Kautschuk ist von der Du Pont Co. hergestellt worden und wird in einer halbtechnischen Anlage produziert. Natürlich können wir keinen Gummi herstellen, um bei dem jetzigen Preis von 4 cents zu konkurrieren, aber eine Wiederholung des Stevenson-Gesetzmonopols ist nicht mehr möglich — das Komitee (der Chem. found.) hat gefunden, daß 36 cents ein angemessener Preis war, den das ausländische Monopol unserem Volk hätte abverlangen dürfen. Es hat gefunden, daß unter dem Stevenson-gesetz der Preis 1925 auf 1.21 Dollar gestiegen war, und 1926 über 600 Mill. Dollar über den angemessenen Preis hinaus unserem Volk von dem von der Regierung kontrollierten Monopol abgenommen worden sind. Durch die Entdeckungen unserer Chemiker sind wir dahin sichergestellt, daß der Preis niemals wieder 20 cents übersteigen wird, ohne auf die Konkurrenz von Amerikas synthetischem Kautschuk zu stoßen.«

^{1a} Die ersten hartgummiartigen Produkte erhielt bereits Charles Goodyear 1839, während Th. Hancock als erster an die technische Verwertung dieses Kautschuk-Derivates gedacht zu haben scheint, was aus dem ersten darauf bezüglichen Patent (1843) hervorgeht.

blieben. Man kennt zwar, zum Teil schon seit Jahrzehnten, eine größere Anzahl anderer Kautschukderivate, die vielfach aus wissenschaftlichem Interesse zum Zwecke der Erforschung der Konstitution des Kautschuks dargestellt und studiert worden sind. Technische Bedeutung hat aber bis in die jüngste Zeit keines dieser Derivate erlangt, obwohl bei einigen von ihnen (z. B. beim Chlorkautschuk) wiederholte Anstrengungen in dieser Richtung zu verzeichnen sind.

Im Gegensatz zu anderen Naturstoffen, z. B. Cellulose, setzt Kautschuk zufolge seines kolloidalen Zustandes vielen chemischen Eingriffen beträchtlichen Widerstand entgegen. Andererseits bietet der hochpolymere, zum Teil ungesättigte Zustand Anlaß zu mannigfachen Umlagerungen (Isomerisationen), die die glatte Durchführung vieler Reaktionen erschweren oder ganz unmöglich machen.

Allmählich ist es aber mit dem Fortschreiten unserer Kenntnisse über den physikalischen und chemischen Aufbau des Kolloids gelungen, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden und zahlreiche Reaktionen, die früher undurchführbar (z. B. Hydrierung) oder mehr oder weniger willkürlich zu verlaufen schienen, weitgehend zu beherrschen. Es erscheint daher nicht ausgeschlossen, daß Kautschuk in chemisch-technischer Hinsicht in wenigen Jahrzehnten eine ähnliche Rolle spielen dürfte wie heute die Cellulose. Damit wäre aber auch seiner Überproduktion ein kräftiges Ventil geschaffen. Eine neue Aera, die der Chemie und chemischen Technologie des Kautschuks in weitestem Sinne, hätte damit ihren Anfang genommen.

Im nachstehenden sollen alle jenen Kautschukderivate und Kautschukisomere besonders berücksichtigt werden, die entweder bereits technische Bedeutung besitzen oder aber bei entsprechendem Ausbau möglicherweise erlangen könnten. Diese Stoffe und ihre Herstellung sind daher auch in erster Linie vom technischen Standpunkt aus gewürdigt worden, wobei aber immer wieder von den wissenschaftlichen Fundamentalarbeiten ausgegangen wurde. Bezüglich der wissenschaftlichen Grundlagen, die für dieses Kapitel maßgeblich sind, sei insbesondere auf den Abschnitt »Chemie des Kautschuks« im Handbuch der Kautschukwissenschaft und die dort gemachten Ausführungen verwiesen. Auch auf den Abschnitt »Oxydation und Alterung des Kautschuks« in diesem Handbuche, der von einer besonderen Kategorie von Kautschukderivaten handelt, möchte der Verfasser aufmerksam machen. Der Hartgummi sowie die diversen anderen Vulkanisate und ihre Technologie finden in besonderen Kapiteln dieses Handbuches entsprechende Würdigung. Auch bezüglich der Bedeutung der Kautschukderivate für die Erkennung und Analyse des Kautschuks (Dibromid, Titration des Kautschuks mit Chlorjod nach Kemp - W i j s usw.) kann auf das Kapitel über »Untersuchung des Kautschuks« hingewiesen werden.

Chlorkautschuke

Nach der Erfindung des Hartgummis, des technisch bisher weitaus wichtigsten Kautschukderivates, tauchten allenthalben Bestrebungen auf, auch auf anderen Wegen zu einem »hornisierten Kautschuk« zu gelangen.

So nahmen bereits 1859 *Englehard* und *Dey* in England ein Patent auf die Herstellung eines »chlorierten Kautschuks«. 1865 berichtete der deutsche Chemiker *Hurtzig*² im Bayerischen Kunst- und Gewerbeblatt ausführlich über die Chlorierung von Kautschuk und Guttapercha wie folgt: »Kautschuk oder Guttapercha werden in verschlossenen Gefäßen in Chloroform, Benzin oder Terpentin aufgelöst. Nach dem Auflösen wird solange Chlorgas in die Masse eingeleitet, bis dieselbe ganz hellgelb geworden ist. Durch Hinzufügen von Weingeist unter Umrühren wird der Kautschuk oder die Guttapercha als eine feste, entfärbte Masse ausgeschieden. Durch Waschen mit Weingeist wird sie noch vollständig gereinigt. Ein gleiches Resultat erhält man, wenn man die ausgewalzten Blätter in Wasser legt und Chlorgas einleitet.« Bei letzterer Methode soll die Entfärbung langsamer vor sich gehen. Die entfärbte Kautschuk- oder Guttaperchamasse läßt *Hurtzig* in Chloroform aufquellen und setzt, je nachdem er ein helleres oder dunkleres, leichteres oder schwereres Präparat erhalten will, dieser Masse mehr oder weniger Kalk, Austernschalen, Marmor, Schwerspat, Metalloxyde oder dergl. zu, knetet sie gehörig und preßt sie in Blöcke oder Tafeln oder formt direkt Messer- und Stockgriffe, Billardkugeln, Klaviertasten usw. Nach dem Trocknen läßt sich die Masse wie Elfenbein verwenden und leicht sägen, schneiden, drehen und polieren.

Eine technische Bedeutung scheint das Verfahren und seine Erzeugnisse im Wettbewerb mit dem damals aufgekommenen Hartgummi nicht erlangt zu haben. Indessen schloß das Interesse für den chlorierten Kautschuk weder in wissenschaftlich noch in technisch interessierten Kreisen ganz ein.

Nachdem *Wurtz* und *Schützenberger* die Chlorierung von festem Kautschuk vorgenommen hatten, dabei aber zu keiner definierten Verbindung gelangt waren, untersuchten *Gladstone* und *Hibbert*³ diese Reaktion an Lösungen von Kautschuk in Chloroform. Sie stellten fest, daß dabei Chlor nicht nur addiert würde, sondern auch substituierend wirken müsse, da beträchtliche Mengen von Chlorwasserstoffgas

² Handwörterb. d. Chem. 3 (1865) S. 952; vgl. auch Chr. Heinzerling, Die Fabrikation der Kautschuk- und Guttaperchawaren (1883) S. 150

Nach L. Eck »Zur Richtigstellung und Ergänzung der Geschichte des Chlorkautschuks« (Gummi-Ztg. 47 (1933) S. 517) war der erste, der nachweisbar Chlor mit Kautschuk in Verbindung brachte, A. F. Fourcroy (1755 bis 1809), ohne dies selbst richtig erkannt zu haben. Auch in der Folgezeit galt Kautschuk als sehr chlorbeständig. *Lüdersdorff* sagt 1832, daß die auf vegetabilische Substanzen sonst stark einwirkenden Gase, wie Chlorgas usw. das Federharz (Kautschuk) gar nicht angreifen und Ballone aus Kautschuk zur Aufbewahrung dieser Gase dienen könnten. Besonders *Berzelius* rühmte den Kautschukschläuchen nach, daß man sie zum Arbeiten mit Chlor benutzen könne. Der erste, der eine positive Einwirkung des Chlors auf Kautschuk feststellte, scheint *Roxburgh* (1801) gewesen zu sein. *H. Traun* (Versuch einer Monographie des Kautschuks, Diss. Göttingen 1859) erhielt durch Einwirkung von Chlor auf in CS₂ gelöstem Kautschuk nach Zusatz von Wasser einen vollkommen weichen Körper, der mit Kautschuk keine Ähnlichkeit mehr hatte und weder elastisch noch biegsam war.

³ J. Soc. chem. Ind. 53 (1888) S. 682

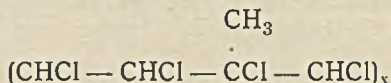
zur Entwicklung gelangten. Das Reaktionsprodukt, ein weißes Pulver der empirischen Zusammensetzung $C_{10}H_{14}Cl_8$ ⁴, trug diesen Vorgängen Rechnung. Der Chlorgehalt einer derartigen Verbindung berechnet sich auf 68%.

Die Stärke der Chlorsubstitution ist übrigens, analog wie bei der Bromierung, stark von der Versuchstemperatur abhängig und steigt mit dieser. Dementsprechend erhielten *Hinrichsen*, *Quensell* und *Kindscher*⁵ beim Arbeiten mit eisgekühlten Benzollösungen ein niedriger chloriertes Produkt, das auf eine Molekular-Zusammensetzung $C_5H_7Cl_3$ mit 64,4% Cl stimmte. *Mc G a v a c k*⁶, der in neuerer Zeit die Reaktion auf gasanalytischem Wege untersuchte, stellte fest, daß zu Beginn der Chloreinwirkung Substitution stattfindet, die sich beim Fortgang infolge Temperaturerniedrigung vermindert, worauf dann Addition einsetzt. Die Chlorierung wäre hiernach einer Autoxydation vergleichbar, die in erster Phase bekanntlich eine H-Aktivierung darstellt, ihr Verlauf daher folgendermaßen zu formulieren:

1. $(C_5H_8)_x + x Cl_2 \rightarrow (C_5H_7Cl)_x + x HCl + n \text{ Kal.}$
2. $(C_5H_7Cl)_x + x Cl_2 \rightarrow (C_5H_7Cl_3)_x$
Polypren-Trichlorid (61,4% Cl)
3. $(C_5H_8)_x + 2x Cl_2 \rightarrow (C_5H_6Cl_2)_x + 2x HCl + 2n \text{ Kal.}$
4. $(C_5H_6Cl_2)_x + x Cl_2 \rightarrow (C_5H_6Cl_4)_x$
Polypren-Tetrachlorid (68,5% Cl)

Das *Mc G a v a c k* sche Endprodukt mit 65,1% Cl stellte demnach anscheinend ein Gemisch aus gleichen Teilen des Polypren-Tri- bzw. Tetrachlorides dar, womit auch die gefundene Menge des abgespaltenen HCl (3 Moleküle pro $C_{10}H_{16}$) gut übereinstimmen würde.

Bei höherer Temperatur kommt die Reaktion anscheinend erst zum Stillstand, wenn an jedes C-Atom der Polyprenkette ein Cl-Atom gebunden, das Endprodukt daher wie folgt zu formulieren ist:



Das Interesse für den Chlorkautschuk blieb auch weiterhin besonders bei den Engländern rege. *St. J. Pe a c h e y*, der Erfinder der nach ihm benannten Gasvulkanisation, nahm 1915 ein englisches Patent (1894) auf die Herstellung eines »Duroprene« benannten Produktes, das als säurebeständiger Lack- und Celluloseersatz gedacht war. Proben eines solchen Chlorkautschuks waren auf einer Londoner Kautschuk-Ausstellung unter

⁴ *Gladstone* u. *Hibbert* glaubten auf Grund optischer Beobachtungen drei ungesättigte Bindungen im Mol $C_{10}H_{16}$ sowie eine Substitution von 2 H-Atomen durch Cl-Atome darin annehmen zu müssen. Auf Grund unserer heutigen Kenntnis muß die empirische Formel für Chlorkautschuke beliebiger Zusammensetzung $(C_5H_xCl_y)_z$ lauten, worin die Summe von $x + y$ stets 10 betragen muß.

⁵ *Ber. dtsch. chem. Ges.* 46 (1913) S. 1283

⁶ *Ind. Engng. Chem.* 9 (1923) S. 961

der Bezeichnung »Kautschukglas« zu sehen. *Peachey* machte große Anstrengungen, den Chlorkautschuk in die Praxis einzuführen. Diese scheiterten anscheinend wohl in erster Linie an dem zu hohen Preis des Produktes, der durch den hohen Rohgummipreis des damals sehr knappen Naturproduktes bedingt war. Die Folge davon war auch die Zurücknahme des 1916 erteilten D.R.P. 329 293.

Nicht viel erfolgreicher scheint sein Landsmann *C. Teague* gewesen zu sein, dem 1927 ein Patent zum Chlorieren von Kautschuk erteilt wurde (E. P. 305 968, veröffentlicht April 1929). Er quillt stark mastizierten Kautschuk in Tetrachlorkohlenstoff und setzt diese Quellungen zwecks weiterer Depolymerisation der Einwirkung des Tageslichtes oder ultravioletten Lichtes aus. Diese Lösungen werden hierauf chloriert, das Lösungsmittel sowie der abgespaltene Chlorwasserstoff im Vakuum entfernt. Man erhält eine plastische Masse mit 50 bis 60% Cl, die von starken Säuren und Laugen nicht angegriffen wird und sich in der Hitze unter Druck formen läßt.

In Rußland hatte 1916 *Ostromyslenski*⁷ ebonitähnliche Produkte durch Chlorierung von Naturkautschuk und von Kauprenchlorid hergestellt. Auch in Amerika wurden während des Krieges und in der Nachkriegszeit zahlreiche Patente auf die Erzeugung und die Verarbeitung von chloriertem Kautschuk genommen (*Carlton Ellis, Bradley, Edison, Hopkinson* u. a.).⁸ Zu einer Fabrikation in größerem Stile scheint es aber auch hier nicht gekommen zu sein.

Von Interesse erscheint hier das A. P. 1 495 580 von *Th. A. Edison*, das im Hinblick auf einen ganz bestimmten Zweck, nämlich für Oberflächenschichten von Phonographenplatten genommen worden zu sein scheint. Es zeigt auch den für alle *Edison*schen Erfindungen typischen ökonomischen Zug. Heller Kreppkautschuk wird in dünne Streifen geschnitten und damit luftdicht schließende Glas- oder Porzellanbehälter beschickt, in die trockenes Chlorgas und Dämpfe von Tetrachlorkohlenstoff geleitet werden. Ist der Kautschuk völlig mit Chlor gesättigt, so bildet er eine weiche, sirupöse Masse, die noch Chlorwasserstoff enthält, der durch Wasser entfernt wird. Die Temperatur bei der Chlorierung darf 100° C nicht überschreiten. Ein Gemisch dieses *Edison*schen Chlorkautschuks mit Naphthalin wird unter Wärme und Druck zu Platten verformt. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt im Ausschluß größerer Mengen der teuren Lösungsmittel.

Als eine originelle Analogie zur *Hurtzig*schen Idee der Kautschukchlorierung mit wässriger Chlorlösung kann die Anwendung dieses Verfahrens auf Kautschuklatex bezeichnet werden (A. P. 1 491 265 für *E. Hopkinson*).⁹ Füllstoffe, wie Kieselgur, werden nach diesem Verfahren in Kautschuklatex eingemischt und ein Chlorstrom eingeleitet. Nach der Koagulation wird die Masse zu mannigfachen Artikeln, z. B. Knöpfen, Tassen usw. verpreßt.

⁷ J. Russ. Phys. Ges. (1916) S. 1141

⁸ I. R. J. 69 (1930) S. 914

⁹ I. R. W. 70 (1924) S. 732; und E. P. 201 898

Chlorkautschuk »Tornesit« u. ä.

Die Schwierigkeiten einer rationellen Herstellung von Chlorkautschuk scheinen bis dahin zum Teil auch technischer Natur gewesen zu sein. Ein Produkt, das als Basis für Anstrichmassen dienen soll, muß schärfsten Anforderungen hinsichtlich Streichbarkeit, Haftfestigkeit, Ausgiebigkeit und Beständigkeit Genüge leisten. Je nach dem Grad der Chlorierung zeigt der Chlorkautschuk verschiedene Viskosität seiner Lösungen und damit verschiedene Filmstärke beim Verstreichen, ferner auch Unterschiede in der Stabilität.

1930 gelang es nun der New York-Hamburger Gummi-Comp. in Zusammenarbeit mit der Brenner- und Preß-Hefefabrik Tornesch G. m. b. H., Tornesch-Holstein, nach langjährigen Versuchen in regulärer Großfabrikation einen chlorierten Kautschuk unter dem Namen »Tornesit« in den Handel zu bringen.^{10a} Nach dem E. P. 328 818 (1929) und dem D.R.P. 535 054 (1930) für Deseniss und Nielsen läßt sich ein stabiler Chlorkautschuk durch Chlorierung von Kautschuk in Lösung oder in Dispersion bei einer Temperatur von 80° C oder etwas darüber herstellen. Man löst den Kautschuk in Tetra bei dessen Siedepunkt (78° C) und leitet Chlor unter Rückfluß ein, bis kein Chlorwasserstoff mehr entwickelt wird. Bei Verwendung von vulkanisiertem Kautschuk wird bei diesem Verfahren der gesamte Schwefel als Chlorschwefel ausgetrieben. Durch Verwendung einer zweckmäßig gebauten Apparatur (D.R.P. a.) ist es nun auch gelungen, Tornesit im großen relativ billig herzustellen.

Physikalische und chemische Eigenschaften des Tornesits: Tornesit ist ein weißes Pulver vom spezifischen Gewicht 1,5, das bis 150° C beständig ist und sich bei höherer Temperatur unter Zersetzung bräunt. Es ist im Gegensatz zu Hartgummi nicht thermoplastisch. Der offenen Flamme ausgesetzt, verkohlt es ohne Flammenentwicklung (unbrennbar). Eingehende Untersuchungen über Tornesit sind von J. G. Fol und A. B. Bijl¹¹ veröffentlicht worden. Seine Feuchtigkeit beträgt hiernach 0,3 bis 0,4%, der Aschengehalt 0,13%, Stickstoff nach Kjeldahl 0,14%, der Chlorgehalt 72,76%. Nach dem Umfällen mit Alkohol aus Benzollösung betrug der Chlorgehalt der Fällung 67,9%, was gut mit dem theoretischen Wert eines Tetrachlorides ($C_5H_6Cl_4$) mit 68% Cl übereinstimmt. Der Anteil dieses Produktes im Tornesit beträgt 78,5%. Da der Gesamtchlorgehalt wesentlich höher ist, so müssen noch höhere Chlorierungsprodukte vorliegen. Tornesit wies eine Säurezahl von 0,23 bis

¹⁰ Den Vertrieb desselben hat jetzt die New York-Hamburger Gummi-Comp. (früher die Herold A. G.), Hamburg 33, selbst übernommen.

^{10a} Für das abermals stark zunehmende Interesse an Chlorkautschuk spricht die Tatsache, daß in Deutschland außer dem erwähnten „Tornesit“ auch die I. G. Farbenindustrie A. G. und die Dartex A. G. für Kautschukverarbeitung mit Chlorkautschukprodukten auf den Markt gekommen sind. Auch in England und Amerika haben einige führenden Unternehmungen der chemischen Industrie die großtechnische Erzeugung von Chlorkautschuk aufgenommen.

Anm. des Herausg.

¹¹ Bull. Rubber Grower's Assoc. 14 (1932) S. 210. Vgl. Kautschuk 9 (1933) S. 86

0,32% als HCl berechnet auf, die nach achtstündigem Erhitzen auf 0,93% stieg. Bei der Einwirkung von Ultraviolettlicht konnte nach 76 Stunden keine Abspaltung von HCl festgestellt werden. Auch die Viskosität seiner Lösungen nimmt im Gegensatz zu solchen des Rohkautschuks durch Ultraviolettlicht nicht mehr ab. Tornesit ist in einer Reihe organischer Lösungsmittel ausgezeichnet löslich, vor allem in Benzol und seinen Homologen, in Tetralin, Chlorkohlenwasserstoffen (z. B. Tri, Tetra, Chloroform) und Schwefelkohlenstoff, in Ketonen und organischen Estern (z. B. Essigester, Amyl- und Butylacetat). Die Löslichkeit in Benzol ist praktisch unbegrenzt, indem eine 65proz. Lösung beim weiteren Einrühren noch mehr Tornesit aufnimmt, wodurch man plastische Massen erhält. Vollkommen unlöslich ist Tornesit merkwürdigerweise in Paraffin-Kohlenwasserstoffen, wie Benzenen und Mineralölen, ferner in Alkoholen (Glyzerin) und in Wasser. Die Auflösungsgeschwindigkeit des Tornesit sowie die Viskosität der Tornesitlösungen ist stark abhängig von der Natur der Lösungsmittel, ferner, wie bei allen Kolloiden, stark konzentrationsbedingt. Nachstehende kleine Tabelle zeigt eine Zusammenstellung der relativen Viskositäten von Tornesitlösungen nach F. R o s e n d a h l.¹²

Lösungsmittel	Konzentration g Tornesit in 100 g Lösungsmittel		
	5	10	15
Benzol	1,47	5,84	14,9
Schwefelkohlenstoff	2,52	8,63	29,3
Trichloräthylen	4,13	16,2	55,4
Chloroform	4,44	18,2	57,4
Tetrachlorkohlenstoff	2,17 (?)	28,8	214,3

Wichtig für Tornesit ist die Gleichmäßigkeit der Viskosität seiner Lösungen in gleichen Lösungsmitteln bei etwa gleicher Konzentration an Chlorkautschuk.

Tornesit ist unempfindlich gegen starke Säuren und Alkalien. So wirkten z. B. Flußsäure, konzentrierte Salz- und Salpetersäure, Schwefelsäure, 50proz. Natronlauge bei 100° C überhaupt nicht ein, ebenso wenig Lösungen von Schwefelnatrium, Hypochlorit, Kaliumchromat, desgleichen nicht Chlor, Sauerstoff und Schwefeldioxyd.^{12a}

Nach eigenen, unveröffentlichten Versuchen des Verfassers wird Tornesit von metallischem Natrium in der Wärme langsam angegriffen. Es scheint dabei ein Poly-Zyklo-Kautschuk zu entstehen. Stärkerer Angriff findet durch Einwirkung von alkoholischem Kali in der Wärme statt. Es bildet sich dabei aus dem Tornesit ein gelbbraunes, amorphes Pulver, das in allen Lösungsmitteln, in denen Chlorkautschuk leicht löslich ist, vollkommen unlöslich geworden ist. Auch hier scheint, entsprechend einer Gewichtsabnahme von 12%, die in erster Linie auf Chlorabspaltung beruht sowie zufolge des chemischen Verhaltens, die Bildung eines

¹² Chem.-Ztg. 56 (1932) S. 729. ^{12a} Vgl. Kautschuk 9 (1933) S. 41

chlorierten Poly-Zyklo-Kautschuks stattgefunden zu haben. Sehr tiefgehende Veränderung erfährt Chlorkautschuk ferner noch durch Anilin in der Wärme, worin er vollständig mit tief dunkelbrauner Farbe in Lösung geht.¹³

Tornesit als Rostschutz- und Anstrichmittel. Die große Beständigkeit des Tornesits gegen chemische Agenzien macht es besonders geeignet als Rostschutzmittel für Eisenteile und Schutzanstrich für Beton, Holz und dergleichen. Eine Prüfung des Tornesits als Rostschutzmittel wurde von den **Mannesmann-Röhrenwerken** durchgeführt, die damit bei der Isolation von Wasserrohren gute Erfolge erzielten.¹⁴ **Maurer**¹⁵ fand, daß Tornesit ein vorzügliches Schutzmittel für Eisenkonstruktionen, Lichtmasten, Röhren usw., die den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, darstellt. Durch geeignete Zusätze (Erweicher) kann die Elastizität, durch andere (Harze) die Härte des Überzuges noch erhöht werden, ohne daß dessen Widerstandsfähigkeit beeinträchtigt wird. Die Eisenteile müssen vor dem Auftragen des Tornesit-Überzuges zuerst mit Säure, hierauf mit Lauge gründlich gereinigt werden. Die Haftfestigkeit ist dann eine sehr gute.

An und für sich genügt für viele Zwecke eine etwa 30proz. Lösung von Tornesit in einem der angeführten Lösungsmittel. Für andere Zwecke ist jedoch der Zusatz von Weichmachungsmitteln und Farbstoffen erwünscht. Als Weichmacher haben sich ähnlich wie für Nitro- und Celluloseesterlacke Triacetin, Trikresylphosphat, Palatinol, Sipalin, von Ölen Leinöl und Holzöl, deren Standöle und Firnisse geeignet erwiesen. Von Harzen kommen in erster Linie öllösliche Kunstharze (Cumaron) in Frage. Farbstoffe können zufolge der Neutralität des Tornesits anorganischer oder organischer Natur sein. In folgendem seien einige Beispiele für den Aufbau von Tornesit-Anstrichmitteln wiedergegeben (l. c. ¹²):

Grundierfarbe für Eisenteile:

a) 22 Teile Tornesit	b) 16 Teile Tornesit
41 „ Lösungsbenzol	6 „ Leinölfirnis
37 „ Mennige	43 „ Xylol
	34 „ Mennige

Deckfarbe:

33 Teile Tornesit
6 „ Standöl
8 „ Kunstharz
10 „ Ocker
43 „ Xylol

Elastischer Lack:

20 Teile Tornesit
10 „ Holzöl
60 „ Xylol
10 „ Toluol

¹³ Hierüber soll an anderer Stelle ausführlicher berichtet werden.

¹⁴ Für den Schutz von Röhren und anderen Fabrikaten der Röhren-Industrie darf Tornesit nur mit Einverständnis der Mannesmann-Röhrenwerke, Düsseldorf, verwendet werden, die sich das ausschließliche Recht der Anwendung von Tornesit für die Isolation sämtlicher von der Röhren-Industrie hergestellter Erzeugnisse gesichert haben.

¹⁵ Stahl und Eisen 50 (1930) S. 28. Vgl. dazu Kautschuk 8 (1932) S. 189

Säurefester Lack:

20 Teile	Tornesit
2	„ Palatinol
6	„ Kunstharzlack
72	„ Toluol

Tornesitlacke: Außer zu Anstrichzwecken wurde Tornesit auch als Ersatz für Nitro- und Acetylcellulose in Lacken zu verwenden versucht.¹⁶

Seinerzeitige Versuche, Rohgummi als Bindemittel für Lacke zu verwenden, schlugen zufolge der hohen Viskosität und der geringen Licht- und Luftbeständigkeit dieses Stoffes fehl. Tornesit als Bindemittel ergab günstige Resultate auch bei Zusatz von 10 bis 15% Rohgummi. Tornesitlacke unterscheiden sich gegenüber Nitrocelluloselacken durch ihre Lichtbeständigkeit und Unbrennbarkeit. Letztere Eigenschaft dürfte es auch zum Imprägnieren von Geweben (Gardinen, Kulissen, Markisen usw.) geeignet erscheinen lassen. Die mit Tornesitlacken erhaltenen Filme sind sehr wasserbeständig, so daß in Berührung mit Feuchtigkeit kein Abblättern stattfindet. Eisenkonstruktionen und Schiffswände können daher gegen den Angriff von Seewasser vollkommen geschützt werden. Neben der großen Beständigkeit besitzen die Tornesitlacke noch den Vorteil des raschen Trocknens. Ihre Trockenzeit schwankt je nach der Zusammensetzung zwischen 30 Minuten und einigen Stunden.

Anderweitige Verwendung von Tornesit: Als weitere Anwendungsgebiete seien noch erwähnt: Tornesit für plastische Massen, Folien, Fäden, Preßkörper und Kunstleder, Fußbodenbelag und Verkleidungen. Seine Bruchfestigkeit beträgt 290 kg pro qcm bei einigen Prozenten Bruchdehnung. Tornesit stellt zufolge seines hohen dielektrischen Widerstandes ein ausgezeichnetes Isoliermittel gegen vagabundierende elektrische Ströme dar. Neuestens dient Tornesit auch zur Herstellung poröser Körper für Filter, Diaphragmen, Akkuseparatoren und dergleichen. Nach dem G. M. 1 219 724 für die New York-Hamburger Gumm i - C o m p. wird der neue Werkstoff durch Zusammensintern mehr oder minder fein gekörnter Chlorkautschukteilchen hergestellt. Es ist festgestellt worden, daß derartige durch Sinterung unter Formgebung erzeugte feinporöse Platten sowohl in mechanischer wie in chemischer Beziehung außerordentlich widerstandsfähig sind und beispielsweise als Distanzkörper zwischen den Bleiplatten der Akkumulatoren vorteilhaft verwendet werden können, da derartig gesinterte Chlorkautschukplatten auch dem Stromdurchgang keinen nennenswerten Widerstand bieten.

Tornesit wird in Pulverform in Säcken, die mit »t« bezeichnet sind, versandt, ist unbegrenzt haltbar und gefahrlos in seiner Lagerung und

¹⁶ In Holland hat sich besonders die Firma N. V. Pierer, Schoen & Zoon mit der Frage dieser Verwendungsmöglichkeit des Tornesits befaßt. Auch die Firma Ottmar Grau, Harburg-Wilhelmsburg, beschäftigt sich seit längerer Zeit mit der Herstellung von streichfertigen Lacken aus Tornesit. Den Vertrieb von Tornesit für Farb- und Anstrichzwecke hat die Tornesit-Farben-G. m. b. H., Berlin SW 11, übernommen.

Anwendung. Tornesit wird für den jeweiligen Verbrauchszweck an Ort und Stelle gelöst und mit entsprechenden Zusätzen versehen.

Es ist zu hoffen, daß diese deutschen Erzeugnisse etwa die gleiche Bedeutung wie die amerikanischen Thermoprene erlangen werden.

Mit Chlorkautschuk nicht zu verwechseln ist der jüngst in den USA. (du Pont Co.) erzeugte Chloropren-Kautschuk, ein Polymerisationsprodukt des Chloroprens C_5H_7Cl , eines chlosubstituierten Isoprens. Er kann je nach seinem Polymerisationsgrad in weich- bis hartgummiertiger Beschaffenheit erhalten werden.

Hydrokautschuke

Da sich der Kautschuk gegen Halogene, Halogen-Wasserstoffsäuren, Sauerstoff und Schwefel wie eine ungesättigte aliphatische Verbindung verhält, war zu erwarten, daß er sich nach einer der bekannten Methoden (Paal, Skita, Willstätter) auch hydrieren lassen würde. C. D. Harries¹⁷ war wohl einer der ersten, der die direkte Hydrierung von wärmedepolymerisiertem Kautschuk in ätherischer Lösung mit Platinmohr bzw. Palladium und Wasserstoff versuchte, dabei aber feststellen mußte, daß Kautschuk unverändert blieb. Dieses Ergebnis wurde später von Hinrichsen und Kempf¹⁸ bestätigt.

Erst bei Verwendung sehr verdünnter Hexahydrotoluol-Kautschuklösungen (0,2 bis 0,6%) in Gegenwart von Platinmohr als Katalysator gelang Pummerer und Burkard¹⁹ bei 70 bis 80° C eine Reduktion, die zu einem gesättigten Hydrokautschuk führte. Die von Pummerer und Koch²⁰ weiter ausgebaute Methode besitzt Interesse für die Konstitutionsaufklärung des Kautschukkolloids. Der hiernach gewonnene, sehr reine Hydrokautschuk besaß Kristallisationsneigung.

Die Priorität der Kautschukhydrierung auf kaltem Wege gebührt indessen doch C. D. Harries, was allerdings erst durch die spätere Veröffentlichung bzw. Patenterteilung bekannt wurde.²¹ Harries kam nach den erwähnten negativen Ergebnissen auf die Idee, den Kautschuk vor dem Lösen stark zu plastizieren (depolymerisieren). Dieses ist auch der wesentlichste Punkt der im April 1921 erfolgten Patentanmeldung der Firma Siemens & Halske A. - G., Berlin-Siemensstadt (D.R.P. 424 281), in deren Diensten damals Harries stand. Die gemeinsam mit Fritz Evers ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß stark masti-

¹⁷ Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Kautschukarten, Berlin (1919) S. 48

¹⁸ Ber. dtsh. chem. Ges. 46 (1913) S. 1283

¹⁹ Ber. dtsh. chem. Ges. 55 (1922) S. 3458

²⁰ Ann. Chem. (1924) S. 438, 609

²¹ Kolloidchem. Betrachtungen auf dem Gebiete des Schellacks und des Kautschuks. Wissenschaftl. Veröffentl. aus dem Siemens-Konzern 3 (Berlin 1923) H. 1. Harries wollte mit dieser Mitteilung keinerlei wissenschaftlichen Prioritätsanspruch gegenüber Pummerer begründen. Bereits Berthelot hat Kautschuk, analog anderen organischen Stoffen, mit konzentriertem Jodwasserstoff im Bombenrohr bei 180° C hydriert und dabei ein Gemenge hochsiedender Paraffine erhalten (Bull. Soc. Chim. 11 (1869) S. 33).

zierter, nicht gereinigter Plantagenkautschuk in einem Rührautoklaven bei gewöhnlicher Temperatur in Petrolätherlösung bei einigen Atm. Wasserstoffdruck sich bequem hydrieren lasse. Es ist auch nicht notwendig, daß die Lösungen dabei stark verdünnt sind. Der auf diese Weise gewonnene Hydrokautschuk besaß noch eine gewisse Elastizität, im Gegensatz zu den von Pummerer und Staudinger (siehe unten) gewonnenen Produkten. Genauere Angaben über die Zusammensetzung dieses Hydrokautschuks sind meines Wissens nicht veröffentlicht worden. Nach Harries ist bei diesen Hydrierungen eine interessante kolloidchemische Erscheinung zu beobachten. Wenn die Hydrierung gelungen ist, ist eine vollkommene kolloide Verteilung des Platins in der Hydrokautschuklösung zu beobachten, während im anderen Falle der Katalysator unverändert am Boden des Gefäßes gefunden wird. Durch Lösungsmittel, z. B. Äther, läßt sich das Platin nur ganz unvollkommen abscheiden. Harries erklärte den Vorgang derart, daß der Wasserstoff bei der Hydrierung ionisiert wird und seine Ladungen bei der Anlagerung an die aktivierten C-Bindungen an das Platin abgibt, das kolloid in Lösung geht und vom Hydrokautschuk zu einem Aggregat adsorbiert wird. Die Abscheidung des Platins gelingt nach Evers gut auf elektrolytischem Wege zwischen Nickelelektroden.

Einen anderen Weg der Hydrierung des Kautschuks hatten Staudinger und Fritsch²² beschritten, indem sie ohne Lösungsmittel bei 270° C unter 100 Atm. Wasserstoffdruck arbeiteten. Dieses Verfahren ließ sich Staudinger durch das D.R.P. 415 871 schützen. Man läßt hiernach auf Kautschuk in festem oder gelöstem Zustand in Gegenwart von Katalysatoren wie Platin, Palladium oder Nickel, Wasserstoff bei Temperaturen oberhalb 200° bei höherem Druck einwirken. Bei dieser Arbeitsweise zeigte es sich, daß eine teilweise Zyklisierung des Kautschuks unter Verlust von Doppelbindungen zu Polyzyklokautschuk stattfindet, der bei der Hydrierung nur $\frac{1}{5}$ Molekül H₂ pro C₅H₈ aufnimmt und in Hydrozyklokautschuk übergeht. Da die Zyklisierung bei der hohen Temperatur nicht ganz zu vermeiden ist, so entsteht bei dieser Arbeitsweise stets eine gewisse Menge des letzteren neben normalem Hydrokautschuk.²³

Hydrokautschuk und Hydropolyzyklokautschuk unterscheiden sich zufolge ihres verschiedenen Baues erheblich in ihren physikalischen Eigenschaften (Dichte, Brechungsindex usw.):

	Beschaffenheit	D ₄ ¹⁶	n _D ¹⁶
Hydrokautschuk	zähflüssig	0,859	1,4768
Hydropolyzyklokautschuk	Pulver	0,986	1,5263
Rohkautschuk gereinigt	zähelastisch	0,920	1,5220
		bis 0,930	

²² Helv. Chim. Acta 5 (1922) S. 785; J. Fritsch, Die Konstitution des Kautschuks, Dissertation, Zürich 1923.

²³ Geiger, E., Die Konstitution der Hochpolymeren, Dissertation, Zürich 1926.

⁹⁹ Hauser, Handbuch II

Bei langsam verlaufender Hydrierung entsteht ein Gemisch der beiden Hydrokautschuke, das Mittelwerte besitzt, während bei raschem Verlauf praktisch nur Hydrokautschuk entsteht. Beispielsweise wurden bei einer zehnstündigen Hydrierung bei 275 bis 285° C und etwa 100 Atm. Wasserstoffdruck mit 2% Platin als Katalysator ein gesättigtes Hydroprodukt von 0,887 Dichte und 1,4880 Brechungsindex erhalten. Die Verwendung von Platin und Palladium in größeren Mengen wäre zu kostspielig gewesen, weshalb versucht wurde, dieselben durch andere (unedlere) Metalle oder Metalloxyde zu ersetzen.²⁴ Nach den Untersuchungen C. Kellers²⁵ stand fest, daß der auf bestimmte Weise hergestellte Nickelkatalyt in seinen katalytischen Wirkungen dem Platin fast ebenbürtig ist. Nach negativen Ergebnissen von Staudinger und Fritsch gelang es E. Geiger (l. c.) eine glatte Reduktion in zwei Stunden zu erzielen. Die Reaktion verläuft so heftig, daß dabei eine Temperatursteigerung um 20 bis 30° C auftritt. Außer Ni wurden noch NiO, Co und CoO, ferner pyrophores Eisen und CuO auf ihre praktische Verwendbarkeit zur Hydrierung versucht. Sie alle zeigten, außer dem Kupferoxyd, ein sehr gutes Reduktionsvermögen. Der Druck bedingt dabei nicht die Reduktion als solche, sondern beschleunigt sie nur außerordentlich, gleichzeitig hält er die thermische Zersetzung des Kautschuks hintan. Bei einem Druck von 20 bis 30 Atm. bei 270° C wurde glatte Hydrierung erzielt, während unter gewöhnlichem Druck nach Aufnahme von etwa $\frac{1}{20}$ der theoretischen H-Menge die Reduktion stehenblieb.

Bei Verwendung von Guttapercha oder Balata verläuft die Reduktion ganz analog und führt zu Hydroderivaten, die äußerlich ganz ähnlich aussehen und sich in ihren Konstanten kaum voneinander unterscheiden. Analog können auch die synthetischen Kautschuke hydriert werden, die dabei ähnliche Produkte ergeben. Wichtig in technisch-wirtschaftlicher Hinsicht erscheinen dem Verfasser Versuche zur Hydrierung von Kautschuk latex.

Reindarstellung und Eigenschaften des Hydrokautschuks nach Geiger

Der rohe Hydrokautschuk kann in Äther, worin er im Gegensatz zu Rohkautschuk leicht löslich ist, gelöst und durch Zentrifugieren von suspendiertem Katalysator gereinigt werden. Mit Alkohol fällt dann der Hydrokautschuk als milchige, später zähe Masse aus, die durch Waschen mit Aceton und Trocknen im Vakuum vollends gereinigt werden kann. Wesentliche Mengen an acetonlöslichen Körpern sind nicht vorhanden, woraus hervorgeht, daß trotz der hohen Hydrierungstemperatur kein Zerfall in thermische Spaltstücke stattfindet.

Der gereinigte Hydrokautschuk ist eine sehr zähe, klebrige, geruch- und farblose durchsichtige Masse. Die Elastizität des Kautschuks besitzt er nicht mehr. Die Elementaranalyse stimmt ausgezeichnet auf die

²⁴ Ber. dtsch. chem. Ges. 45 (1916) S. 55; 50 (1917) S. 305

²⁵ Auch zeigt der mit Hilfe von Platin hydrierte Kautschuk, jedenfalls infolge noch vorhandener Spuren dieses Metalles, starke Neigung zur Autoxydation.

Formel $(C_5H_{10})_x$,²⁶ Seine Lösungen, die eine Gefrierpunktdepression ergeben, sind kolloid und zeigen deutlich das Tyndallphänomen. Bei Versuchen, den Hydrokautschuk durch Chlorschwefel zu vulkanisieren, konnte keine Anlagerung des letzteren festgestellt werden. Hydrokautschuk läßt sich demnach nicht vulkanisieren, woraus hervorgeht, daß die Vulkanisierbarkeit des Kautschuks an die Existenz der ungesättigten Bindungen geknüpft ist.

Hydroguttapercha und Hydrobalata

Die bei der Hydrierung des Kautschuks angewandten Hydrierungsmethoden lassen sich ebenfalls auf Guttapercha und Balata anwenden (Geiger l. c.). Als Katalysator kann Nickel auf Bimsstein verwendet werden, der zusammen mit den Kohlenwasserstoffen ausgefällt wird. Die Reduktion beginnt bei 260° C und ist so heftig, daß die Temperatur vorübergehend bis gegen 300° ansteigt, während gleichzeitig der Druck abnimmt. Man beläßt noch während zwei Stunden auf 270° C und läßt dann erkalten. Das Reduktionsprodukt wird in Äther gelöst, vom Katalysator abgetrennt, und aus der Lösung Hydrogutta bzw. Hydrobalata durch Alkohol abgeschieden. Durch Umfällen aus Äther-Aceton und Äther-Alkohol werden sie gereinigt. Sie sind in den gleichen Lösungsmitteln wie Hydrokautschuk löslich bzw. unlöslich und stellen zähflüssige, farblose, nicht unzersetzt destillierbare Flüssigkeiten dar, die sich aber gegen Oxydationsmittel als gesättigte Paraffin-Kohlenwasserstoffe erweisen. Der flüssige Aggregatzustand erscheint um so bemerkenswerter, da das Molekülgewicht der Hydrogutta von der gleichen Größenordnung wie dasjenige des Hydrokautschuks (nach Staudinger zu etwa 5000) gefunden wurde. Auch Dichte und Brechungsindex sind die gleichen wie beim Hydrokautschuk. Alle diese Hydrokautschuke könnten wohl nur bei außerordentlicher Billigkeit des Rohmaterials mit den Paraffinen aus Erdöl usw. in Konkurrenz treten.

Homologe Hydrokautschuke

Staudinger und Widmer²⁷ haben Homologe des Hydrokautschuks durch Umsetzung von Kautschuk-Hydrohalogeniden (z. B. Hydrobromid) mit Zinkdialkylen dargestellt. Die Reaktion geht in der Hauptsache nach dem folgenden Schema vor sich:

²⁶ Eine Entscheidung, ob die Formel etwa $C_{50}H_{100}$ (monozyklisch) oder aber $C_{50}H_{102}$ (Paraffinkette) lautet, kann zufolge des geringen Unterschiedes der H-Werte (14,37 % gegen 14,62 % H), der bereits in die Fehlergrenze fällt, nicht getroffen werden. Aus seinem ganzen Verhalten ist aber darauf zu schließen, daß ein langkettiger Paraffin-Kohlen-Wasserstoff vorliegt, und daß diese Kette bereits im ursprünglichen Kautschuk-Molekül vorhanden war. Bei der Hydrierung, besonders bei höherer Temperatur, treten aber zweifellos Spaltungen der langen Ketten auf, die zu niedrigmolekularen Komplexen (Mol.-Gew. in Benzol zwischen 3000 bis 5000) führen.

²⁷ Helv. Chim. Acta 7 (1924) S. 842

Versuche von H. Staudinger und W. Widmer²⁸ haben nun gezeigt, daß man die auf thermischem Wege hergestellten Zyklokauschuke in völlig gesättigte Produkte überführen kann, indem man sie mit Wasserstoff in Gegenwart von Katalysatoren, vorzugsweise Metallen der achten Gruppe des periodischen Systems, hydriert. Diese Hydrierungen werden zweckmäßig oberhalb 200° und höherem H-Druck (50 Atm.) vorgenommen. Für die Lösungen können indifferente Lösungsmittel wie Benzine, Paraffin- und Zyklo-Paraffin-Kohlenwasserstoffe verwendet werden. Man kann auch den in einem dieser Lösungsmittel gelösten Kautschuk durch Erhitzen auf 200 bis 250° C zuerst zyklisieren und hierauf der Hydrierung unterwerfen. Oder aber Kautschuk wird mit einem langsam wirkenden Katalysator, z. B. Kupferpulver, versetzt, und auf etwa 250 bis 270° C unter H-Druck erhitzt. Dabei erfolgt vor allem die Zyklisierung, und erst allmählich die Reduktion zum Hydro-Zyklokauschuk. Der so gewonnene Hydro-Zyklokauschuk ist eine feste, weiße amorphe Masse, die in Benzol, Chloroform, Äther und dergleichen wie Kautschuk löslich, in Aceton und Alkohol wie dieser unlöslich ist. Sie stimmt auf die empirische Formel $C_{20}H_{34}$, der zufolge nur auf jede vierte Isoprengruppe ein Molekül angelagerten Wasserstoffs kommt.

Im D.R.P. 462 748 wird folgendes Beispiel seiner Darstellung angeführt: Kautschuk wird in Äther- oder Benzollösung einen Tag im Autoklaven auf 250° erhitzt und hierdurch zyklisiert. Hierauf wird nach dem Abblasen des Lösungsmittels auf Bimsstein fein verteiltes Nickel hinzugesetzt und unter H-Druck im Drehautoklaven 6 Stunden auf 290° C erhitzt. Der Hydro-Zyklokauschuk wird entweder durch Abblasen des Benzols mit Wasserdampf oder Abdestillieren des ersteren oder schließlich durch Ausfällen mit Alkohol gewonnen.

Der Hydro-Zyklokauschuk kann zur Herstellung von plastischen Massen, insbesondere aber als Guttaperchaersatz verwendet werden. Er besitzt ein spezifisches Gewicht von 0,986 (16° C) und ein Molekulargewicht in Benzol von rund 2,100, erscheint also in bezug auf das Kautschukmolekül im Rohkautschuk und auch im Hydrokautschuk stark abgebaut. Er ist indifferent gegen Brom, heiße Salpetersäure und Kaliumpermanganat, erweist sich somit als ein gesättigter zyklischer Paraffin-Kohlenwasserstoff. Ob diese Stoffe, die ähnliche Eigenschaften wie Bakelite besitzen, technische Anwendung finden werden, ist wohl in erster Linie eine Frage ihrer Herstellungskosten.

Kondensationsprodukte von Kautschuk-Kohlenwasserstoffen mit Hilfe von Benzylchlorid

Es war nicht ohne weiteres vorauszusehen, daß Kautschuk-Kohlenwasserstoffe mit Aralhalogenen, insbesondere mit Benzylchlorid, in Gegen-

²⁸ D. R. P. 462 748 (1926) und Schweiz. P. 120 531 (1927). Auch Harries und Evers (Chem. Zbl. 3 (1921) S. 1358) glaubten einen teilweise hydrierten Kautschuk durch Reduktion des Hydrochlorids mit Zinkstaub erhalten zu haben (α -Hydro-Kautschuk); vgl. auch D. R. P. 354 344 und 358 729 für Siemens & Halske A. G.

wart von Aluminiumchlorid Kondensationsprodukte liefern würden, da einerseits Benzylchlorid für sich bei Einwirkung von AlCl_3 nach Friedel und Crafts²⁹ einen amorphen, anscheinend hochmolekularen Kohlenwasserstoff der empirischen Zusammensetzung $(\text{C}_7\text{H}_6)_x$ liefert, andererseits Kautschuk in Lösung durch Metallhalogenide³⁰, insbesondere durch AlCl_3 in amorphe Poly-Zyklokauschuke umgewandelt wird.³¹

Es ergab sich jedoch, daß unter Einhaltung bestimmter Bedingungen, unter der kondensierenden Wirkung des Aluminiumchlorids Aralgruppen an das Skelett der Polyprenkette gebunden werden, wodurch weiße bis gelbliche amorphe Substanzen entstehen, die außer geringen Mengen von Halogen nur Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten³², mithin als Kohlenwasserstoffe anzusprechen sind. Diese ähneln in ihrem physikalischen und chemischen Verhalten dem oben erwähnten amorphen Körper der empirischen Formel $(\text{C}_7\text{H}_6)_x$, der zweifellos ein Poly-Benzyliden $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH})_x$ unbekannter Molekulargröße darstellt.

Bei der Ausführung der Reaktion verfährt man so, daß man das in CCl_4 aufgeschlämmte wasserfreie AlCl_3 rasch zur gekühlten Kautschuk-Benzylchloridlösung gießt, worauf unter Einsetzen einer energischen HCl-Entwicklung eine grauweiße, schwammige Masse entsteht, die nach Beendigung der Reaktion auf dem siedenden Wasserbad, Abdestillieren des Lösungsmittels und Acetonextraktion zwecks Entfernung des unverbrauchten Benzylchlorids, als weißes, brüchig amorphes Produkt zurückbleibt. Läßt man dagegen zur Kautschuk-Tetralösung, die suspendiertes AlCl_3 enthält, Benzylchlorid zutropfen, so entsteht eine rotbraune Masse, die beim Erwärmen schwarzbraun wird. Im Reaktionsgemisch befindet sich beim Erkalten über einer dunkelbraunen Lösung eine feste Kruste, die nach dem Extrahieren mit Aceton ein gelbbraunes, leicht pulverisierbares Produkt ergibt, das alle Reaktionen des Brusonschen Zyklokauschuks (l. c. l. c.) aufweist. Die bei gewöhnlicher Temperatur nur langsam verlaufende Zyklisierung durch AlCl_3 scheint demnach durch die bei der zuletzt geschilderten Reaktion auftretende Chlorwasserstoffsäure bzw. die dabei entstehende Reaktionswärme derart beschleunigt zu werden, daß eine Umsetzung des Kohlenwasserstoffs mit Benzylchlorid praktisch nicht erfolgt.

Die Menge des erhaltenen Benzylkautschuks hängt unter sonst gleichen Reaktionsbedingungen stark von der Konzentration des Kautschuk-Kohlenwasserstoffs bzw. von dessen Depolymerisationsgrad ab. So war in einem Versuch mit der höchsten Kautschukkonzentration bei etwa gleichem Überschuß an Benzylchlorid trotz der doppelten Menge an

²⁹ Bull. Soc. Chim. 2 (1853) S. 43; Radziewiczowski, Ber. dtsch. chem. Ges. 27 S. 3237

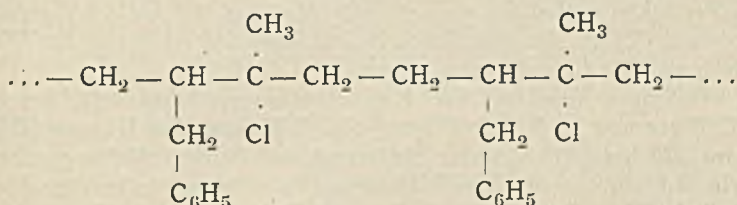
³⁰ Bruson, H. A., u. Mitarbeiter, Ind. Engng. Chem. 19 (1927) S. 1033

³¹ E. P. 320 427 (1926); A. P. 1 751 817 (1930); ferner W. N. Jones und H. A. Winkelmann (B. F. Goodrich Comp.)

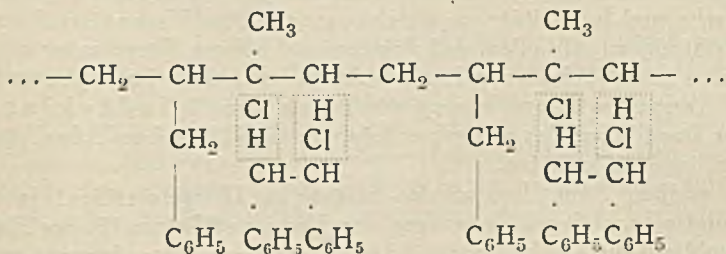
³² Kirchhof, F., Kautschuk 7 (1931) S. 128; ferner das dem Verfasser erteilte D. R. P. 557 270 (1932).

AlCl_3 die Ausbeute am niedrigsten. Bei allen übrigen Versuchen, mit Ausnahme von Nr. 2 und 3 (l. c.), lag die Kautschukkonzentration etwa um eine Zehnerpotenz niedriger, auch war der zu den Versuchen verwandte Kautschuk doppelt so lange in Lösung erhitzt worden. Wie aus diesen Versuchen hervorging, liegt das Verhältnis der pro C_5H_8 -Gruppe angelagerten Benzylgruppen zwischen 3 und 5. Schon diese Verhältniszahlen deuten darauf hin, daß hier richtige stöchiometrische Verbindungen zwischen Isopentenresten und Aralgruppen vorliegen müssen. Im Falle höherer Kautschukkonzentration werden die Additionsreaktionen zweifellos durch Zyklisierungsvorgänge, die mit Verschwinden von Doppelbindungen verknüpft sind, gestört. Die Elementaranalyse eines dieser erwähnten Produkte ergab nach Reinigung (Auskochen mit verdünnter HCl , Extraktion mit Aceton) bei einem Cl -Gehalt von 1,6% und einem Aschengehalt von 0,1% Al_2O_3 , 91,1% C und 7,07% H, auf chlor- und aschefreie Substanz berechnet: 92,8% C und 7,2% H. Auf eine Verbindung, die dem oben erwähnten Verhältnis reagierender Gruppen entspricht, also auf $\text{C}_5\text{H}_7(\text{C}_7\text{H}_6)_3$ berechnen sich 92,6% C und 7,4% H. Legt man diese Werte der Reaktion zugrunde, so verläuft dieselbe mutmaßlich gemäß dem nachstehenden Schema:

Erste Phase: Anlagerung von Benzylchlorid an Doppelbindungen.



Zweite Phase: Abspaltung von HCl und Anlagerung von weiteren Molekülen Benzyl- oder Dibenzylchlorid.



Es werden sich demnach je nach den Reaktionsbedingungen Benzyl-, Dibenzyl- oder Benzylidengruppen mit dem Skelett der Kettenmoleküle verbinden, bis schließlich ähnlich wie beim Chlorkautschuk alle C-Atome der Hauptkette mit derartigen Gruppen besetzt sind. Auch an die Möglichkeit von Zyklisierungsvorgängen wäre zu denken, etwa im Falle höherer Kautschukkonzentration, denen zufolge die Reaktion bei niedri-

Zeit braun bis schwarz färben, bleiben die Benzyl-Kondensationsprodukte ebenso wie der Körper $(C_7H_6)_x$ darin unverändert. Ein ähnliches Verhalten besteht gegenüber siedender Trichloressigsäure ($154^\circ C$), in der sich die Zyklokautschuke mit intensiv rotbrauner Farbe lösen, während die neuen Kohlenwasserstoffe darin keine Veränderung erleiden.³⁴

Poly-Oxy-Kautschuke und deren Derivate

Große wissenschaftliche und möglicherweise auch technische Bedeutung dürfte den Poly-Oxy-Kautschuken und ihren Derivaten künftig zukommen. Die Möglichkeit von technisch bedeutsamen Ausgangssubstanzen ergibt sich analog wie bei der Cellulose aus der Veresterbarkeit der Oxykörper.

Von dem Gedanken ausgehend, daß die Vulkanisation des Kautschuks auch noch durch andere Substanzen außer Schwefel durchführbar sein müsse, kam I. Ostrómyski³⁵ 1915 u. a. auf die Verwendung von organischen Peroxyden und Persäuren, z. B. Benzoylperoxyd. Ostrómyski ging dabei von der Annahme aus, daß die Vulkanisation im wesentlichen aus zwei Vorgängen bestehe, einem chemischen, der in der Bildung einer relativ geringen Menge eines Reaktionsproduktes des Kautschuks beruhe, und einem physikalischen, bedingt durch Adsorption oder Quellung dieses Reaktionsproduktes durch den in der Hauptsache unveränderten Kautschuk-Kohlenwasserstoff. Tatsache ist, daß Kautschuk bei Vulkanisation mit Benzoylperoxyd deutliche Veränderungen, ähnlich wie bei der Heißvulkanisation mit Schwefel, erleidet.

Die Vulkanisation insbesondere mit Benzoylperoxyd ist vielfach einer Oxydation des Kautschuks zugeschrieben worden, z. B. von D. F. Twiss³⁶. Indessen konnten H. L. Fisher und A. E. Gray³⁷ zeigen, daß bei der Vulkanisation mit Benzoylperoxyd der Sättigungsgrad des Kautschuks praktisch sich nicht ändert, daß demnach Oxydation nicht vorzuliegen scheint. G. St. Whitby³⁸ faßte die Vulkanisation als Polymerisationsvorgang auf und glaubte, daß Benzoylperoxyd hierbei die Rolle eines Polymerisationskatalysators spiele, analog wie bei der Polymerisation von Vinylacetat.

In neuerer Zeit wurde diese interessante Reaktion zwischen Kautschuk und Benzoylperoxyd von A. v. Rossem und Mitarbeitern³⁹ sowie von W. Bock, Leverkus⁴⁰ eingehend untersucht. A. v. Rossem, der den Vorgang in erster Linie unter Vulkanisationsbedingungen studierte, kam zu dem Ergebnis, daß Benzoylperoxyd hierbei chemisch mit dem Kautschuk reagiert, derart, daß es teilweise an diesen gebunden bleibt, teilweise als Benzoessäure abgespalten wird. Gleichzeitig nimmt

³⁴ Kirchhof, F., Ueber Farbreaktionen von Kautschuk und Guttapercha, Kautschuk 4 (1928) S. 190

³⁵ J. Russ. Phys. Ges. Chem. Soc. 47 (1915) S. 1453, 1462, 1467; übers. I. R. J. 52 (1916) S. 467; I. R. W. 81 (1929) S. 55

³⁶ Trans. I. R. I. 3 (1928) S. 308

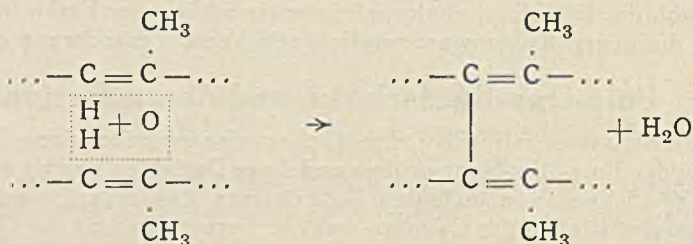
³⁷ Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 294

³⁸ Trans. I. R. I. 5 (1929) S. 184; 6 (1930) S. 40

³⁹ Kautschuk 7 (1931) S. 209, 219

⁴⁰ Diskussions-Bem. zu ³⁹, Kautschuk 7 (1931) S. 224

er eine partielle Dehydrierung des Kohlenwasserstoffs unter Polymerisation benachbarter Ketten in den Doppelbindungen an, gemäß dem nachstehenden Schema:



Diese Auffassung trägt einerseits dem Umstande des Unlöslichwerdens des Kautschuks bei der Benzoylperoxyd-Vulkanisation, andererseits der Nichtänderung der Sättigung nach H. L. Fisher vollauf Rechnung. Indessen bleibt dabei die Tatsache, daß ein Teil der Benzoatgruppen an den Kautschuk-Kohlenwasserstoffen gebunden und erst durch Verseifung daraus entfernt wird, unberücksichtigt. Es muß demnach das Benzoylperoxyd zum Teil noch anders reagieren.⁴¹ Diese Frage wurde durch die erwähnten Untersuchungen W. Bocks geklärt. Dieser arbeitete, da es ihm mehr um die Erfassung einheitlicher Endprodukte zu tun war, mit Kautschuk-Benzollösungen. Wählt man die Mengenverhältnisse so, daß ein Molekül Dibenzoylperoxyd für jede Doppelbindung des Kautschuk-Kohlenwasserstoffs zur Verfügung steht und erhitzt die benzolische Lösung ihrer Mischung zum Sieden, so erfolgt nach wenigen Minuten Gelatinierung. Nach Vervollständigung der Reaktion durch weiteres $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ stündiges Erhitzen, Abtreiben des Lösungsmittels mit Wasserdampf, gründliche Extraktion des Rückstandes mit Aceton und Trocknen, erhält man in quantitativer Ausbeute ein gelbliches, in den gebräuchlichen Kautschuklösungsmitteln unlösliches, pulverisierbares Produkt der empirischen Zusammensetzung $(\text{C}_{12}\text{H}_{13}\text{O}_2)_x$. Gefunden wurde darin C: 76,21%, H: 7,03%; berechnet für obige Formel: C 76,19%, H 6,38%.

Diese Zusammensetzung stimmt demnach ausgezeichnet auf eine Substanz $(\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{C}_5\text{H}_8)_x$, die pro Kettenglied C_5H_8 eine Benzoatgruppe gebunden enthält — also um den Benzoesäureester eines Oxykautschuks. Er entsteht, unter Berücksichtigung der Nichtkautschukbestandteile, in quantitativer Ausbeute und könnte infolge des glatten Verlaufs dieser Reaktion, die den Kautschuk in kurzer Zeit in eine in allen Lösungsmitteln unlösliche Verbindung bestimmter Zusammensetzung überführt, nach Ansicht des Autors auch zu einer Methode seiner quantitativen Bestimmung ausgebaut werden.

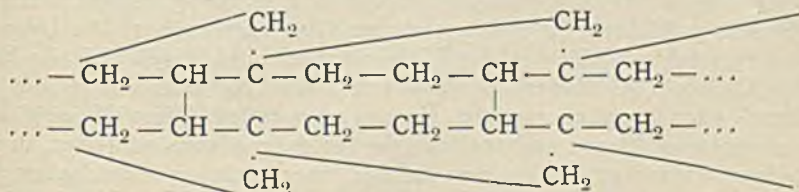
Von dem zur Einwirkung gebrachten Dibenzoylperoxyd tritt nur die Hälfte des Moleküls in Reaktion, während der Rest sich unter Abspaltung von Sauerstoff zersetzt, wodurch das Auftreten von Benzoesäure in

⁴¹ Auf die Wichtigkeit einer O-Bestimmung in den Benzoyl-Peroxyd-Vulkanisaten wurde von R. Pummerer hingewiesen (s. Disk.-Bem. zu ³⁹)

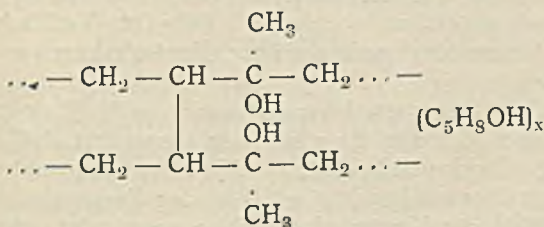
den Dämpfen der Wasserdampfdestillation seine Erklärung findet. Der größere Teil der Zersetzungsprodukte (Benzoessäure) findet sich mit den Kautschukharzen vermischt im Verdampfungsrückstand der Aceton-Extraktionslauge.

Die Bildung des polymeren Esters erfolgt daher wahrscheinlich so, daß die Benzoatgruppen eine C-Bindung der Doppelbindungen des Kautschuks besetzen, während die zweite noch verbleibende Bindung zur Zyklisierung (oder Polymerisierung) der Ketten verwendet wird.

Das Auftreten von Benzoessäure, die von v. R o s s e m beobachtet wird, kann nach Ansicht B o c k s auch auf Zersetzung von zunächst gebildeten Estern des Oxykautschuks, deren Zusammensetzung je nach der angewandten Menge des Superoxyds wechseln wird, zurückzuführen sein. Der Ester $(C_6H_5 \cdot CO_2 \cdot C_5H_8)_x$ gibt z. B. bei höherer Temperatur — bei etwa 200° — in reichlicher Menge Benzoessäure ab, die in langen Nadeln aus der Substanz heraussublimiert. Bei $1\frac{1}{2}$ stündigem Erhitzen auf 200 bis 230° wurde etwa ein Drittel der gesamten darin enthaltenen Benzoatgruppen als Benzoessäure abgespalten. Das braunefärbte Produkt hatte danach ungefähr die Zusammensetzung $[(C_6H_5 \cdot CO_2)_2 \cdot (C_5H_8)_2 C_5H_7]_x$. Hierbei tritt allem Anschein nach Zyklisierung im Sinne S t a u d i n g e r s unter gleichzeitiger Dehydrierung ein, die schließlich zu einem gesättigten Poly-Zyklo-Kautschuk $(C_5H_7)_x$ der mutmaßlich nachstehenden Konstitution führen müßte:



Durch Verseifung der Benzoessäureester mit alkoholischem Alkali müßte man dagegen den Grundkörper der ganzen Gruppe, den Poly-Hydroxy-Kautschuk der nachstehenden Konstitution erhalten:



Zu Körpern analoger Zusammensetzung bzw. zu deren Estern gelangt man nach einem Patent der I. G. Farbenindustrie A. - G. (D.R.P. 556 555 vom 3. Dezember 1930, veröffentlicht 10. August 1932), wenn man Kautschuk mit aliphatischen Persäuren bei niedrigen, unterhalb $50^\circ C$ liegenden Temperaturen behandelt. Man erhält unter praktisch vollständiger Vermeidung eines Abbaues des Kautschukmoleküls reinweiße, pulverige oder faserige Körper, die sich bei genügend langer

Einwirkung der Persäure in allen gebräuchlichen Lösungsmitteln, mit Ausnahme von Wasser und Äther, lösen. Die Analyse macht es wahrscheinlich, daß die Umwandlungsprodukte alkoholische Hydroxylgruppen enthalten, die zum Teil acyliert sind. Durch alkalische oder saure Verseifung kann man die Acylreste entfernen und so die entsprechenden Polyoxykörper erhalten. An Stelle von Naturkautschuk kann man auch kautschukähnliche polymere Körper wie Balata, Guttapercha sowie die durch Polymerisation von Diänen, z. B. Butadien, erhältlichen nicht unzersetzt destillierbaren Polymerisationsprodukte verwenden. Geeignete aliphatische Persäuren sind beispielsweise Perameisen-, Peressig-, Perboressig- und Perpropionsäure oder ähnliche. An Stelle der Persäuren kann man auch Gemische verwenden, die sich wie diese Säuren verhalten.

Den Kautschuk kann man als solchen oder in Lösung mit den Säuren behandeln. Da die Umsetzung bereits bei Zimmertemperatur erfolgt, so genügt es meist, das Reaktionsgemisch einige Zeit sich selbst zu überlassen. Beim Arbeiten bei höherer Temperatur darf man aber über etwa 50° C nicht hinausgehen, da sonst ein Abbau des Kautschuks erfolgt.

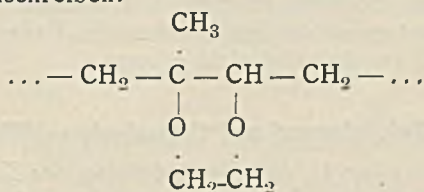
Die Lösungen eignen sich für die Herstellung von Filmen, die gespritzt oder gegossen werden können, zur Herstellung von Überzügen oder Imprägnierungen, von Kunstfäden durch Trocken- oder Naßspinnen, ferner von Lacken und dergleichen, die sich durch Glanz und Wasserfestigkeit auszeichnen. Sie sind auch als Klebstoffe, z. B. für Schmirgel, ferner als Zwischenschichten für splittersicheres Glas verwendbar. Die Umwandlungsprodukte bleiben in der Hitze plastisch und lassen sich als Ersatz für Celluloid, Guttapercha, Schellack sowie zur Herstellung von linoleum- oder kunstlederartigen Massen verwenden. Diese Massen lassen sich pressen, blasen und spritzen, ferner gut polieren, schleifen, drehen, bohren, fräsen und schneiden. Infolge ihrer geringen elektrischen Leitfähigkeit sind sie auch für Isolierzwecke geeignet. Die Plastizität und Härte der aus den Umwandlungsprodukten hergestellten Massen kann durch die Zumischung von Weichmachungsmitteln, Füllstoffen, natürlichen und künstlichen Harzen, Celluloseestern und -äthern für jeden Verwendungszweck abgestimmt werden. Die Poly-Oxy-Verbindungen sind schließlich zur Herstellung anderweitiger Kautschukumwandlungsprodukte verwendbar.

Über den gleichen Gegenstand handelt auch das E. P. 369 716 (1931) für J. V. J o h n s o n , London. Es wird darin ausgeführt, daß das hydrolysierte Produkt (Oxykautschuk) mit Aldehyden sich unter Bildung harter, unlöslicher Massen kondensiert. Von den Persäuren werden am besten 100 bis 200% des Kautschukgewichtes verwendet, was etwa der Menge von einem Molekül pro Kautschukdoppelbindung entspricht. Wird von festem Kautschuk ausgegangen, so wird die Reaktion unterbrochen, wenn der Kautschuk stark gequollen oder in Lösung gegangen ist.

In einem weiteren Patent des gleichen Inhabers (E. P. 369 725, 1931) wird für den gleichen Zweck die Verwendung molarer Mengen neuer Peroxyde von Karbonsäuren pro Kohlenwasserstoff-Doppelbindung geschützt. Geeignete Peroxyde sind Acetylperoxyd, Propionylperoxyd

u. ä., die in flüssigen Kohlenwasserstoffen lösliche Produkte geben, während aromatische Peroxyde darin nur quellbare Substanzen liefern. Dieselben sind als Acylderivate von hydroxylierten Kautschuk-Kohlenwasserstoffen anzusehen. Beispielsweise werden 100 Teile Essigsäureanhydrid in 500 Teilen Äther bei 5° C eine Stunde mit einer Suspension von 110 Teilen Bariumsuperoxyd in 150 Teilen Wasser geschüttelt. Die ätherische Lösung wird abgetrennt, getrocknet und eingedampft. Das Acetylperoxyd wird in Benzol gelöst und zu 1000 Teilen einer 50proz. Kautschuklösung zugegeben. Nach 24 Stunden wird das Lösungsmittel mittels Wasserdampf abgetrieben, wobei ein farbloses Produkt zurückbleibt. Dasselbe kann in der Hitze geformt und seine Plastizität durch entsprechende Zusätze weitgehend variiert werden. Es handelt sich bei diesem Patent anscheinend nur um eine andere Ausführungsform des obigen deutschen I.-G.-Farben-Patentes.

Zum Schlusse möchte der Verfasser noch auf eine seinerzeitige (1923) Beobachtung hinweisen, derzufolge Kautschuk mit Formaldehyd und konzentrierter Schwefelsäure gelbe, leichte amorphe Kondensationsprodukte liefert.⁴² Pro C₅H₈-Gruppe wurden 2 Moleküle Aldehyd angehängt. Ob es sich bei diesen »Kautschuk-Formoliten« um Derivate eines Oxykautschuks oder um Reaktionsprodukte von Zyklokautschuken handelt, ist nicht festgestellt worden. Diese ockergelben, feinpulverigen Additionsprodukte lagern auf acht ehemalige Isopenten-gruppen ein Molekül Brom an, sind demnach nur halb so stark ungesättigt wie die Poly-Zyklo-Kautschuke. Verfasser möchte ihnen auf Grund ihrer äußeren Ähnlichkeit mit Poly-Oxy-Kautschuk-Derivaten unter Vorbehalt die nachstehende Konstitution eines Methylen-Poly-Di-oxy-Kautschuks zuschreiben:



Iso- und Zyklokautschuke

Der Kautschuk-Kohlenwasserstoff ist zufolge seiner einerseits hochpolymeren, andererseits ungesättigten Natur zu den mannigfachsten chemischen Umlagerungen befähigt, die mit mehr oder weniger weitgehenden physikalischen und chemischen Veränderungen verbunden sind, wobei aber seine empirische Zusammensetzung (C₅H₈)_x ungeändert bleibt. Die bei diesen Umlagerungen entstehenden Körper sind demnach als Strukturisomere des ursprünglichen Kautschuk-Kohlenwasserstoffs zu bezeichnen. Man muß dabei zwischen Isomerisierung durch Verschiebung der Doppelbindungen in der Kette und Zyklisierungen, d. i. Isomerisierung infolge Ringbildung, unterscheiden. Die letztere Art der Isomerisierung scheint viel leichter stattzufinden als die erstere.

⁴² Kirchhof, F., Chem.-Ztg. 47 (1923) S. 513

Der erste, der sowohl Isomerisierung als auch (allerdings unbewußt) Zyklisierungsvorgänge an Kautschuk studierte, war wieder C. D. Harries. Er hatte schon früher die Beobachtung gemacht, daß Hydrochlorkautschuk beim Erhitzen mit Pyridin Chlorwasserstoff abspaltet und wieder einen dem natürlichen Kautschuk sehr ähnlichen Körper ergibt, der praktisch chlorfrei ist. Erst später (1913), als Harries⁴³ die Ozonidspaltungskurve dieses »regenerierten« Kautschuks mit derjenigen des ursprünglichen verglich, fand er derart große Unterschiede, daß diese nur als eine Folge einer Verschiebung der ursprünglichen Doppelbindungen zu deuten waren. Harries nannte daher dieses Umwandlungsprodukt des natürlichen Kautschuks α -Isokautschuk (früher Regenerat I). Dieses zähe, hellgelbe bis braune Produkt erinnert in seinen Eigenschaften an den natürlichen Kautschuk.

Wenn man den α -Isokautschuk wieder in das Dihydrochlorid verwandelt und dieses mit Pyridin in den chlorfreien Kohlenwasserstoff überführt, so erhält man ein Produkt, das wieder verschieden vom Ausgangsmaterial ist. Es stellt nach seiner Abscheidung und Reinigung ein dehnbares Fell von violettschwarzer Farbe dar. Seine Löslichkeit in Benzol ist bedeutend größer als diejenige des Kautschuks, auch scheidet es sich beim Ausfällen durch Alkohol viel schwerer ab als der Kautschuk. Durch dieses Verhalten unterscheiden sich die Isokautschuke auch von den Zyklorkautschuken. Harries nannte dieses Produkt, das sich in seiner Spaltungskurve und seinen Ozonid-Abbauprodukten sowohl vom Natural als auch vom α -Isokautschuk unterscheidet, β -Isokautschuk. Das Auftreten von großen Mengen von Ameisensäure unter den Ozonidspaltungsprodukten dieser Isokautschuke spricht dafür, daß die Verschiebung der Doppelbindungen zum Teil wenigstens in die Methylgruppen hinein stattgefunden hat. Technische Bedeutung haben diese Produkte bis heute anscheinend nicht erlangt.

1. Zyklisierung auf thermischem Wege

Die Ansicht Harries⁴⁴, daß die Reduktion des Kautschuks bei 270° nur eine Reduktion seiner Zersetzungsprodukte sei, gab Veranlassung, das Verhalten des Kautschuks beim Erhitzen auf höhere Temperatur zu studieren.⁴⁵ Zu diesem Zwecke wurden Kautschukproben während mehrerer Stunden auf Temperaturen von 150 bis 280° erhitzt und jeweils mittels Bromtitration die Anzahl der noch vorhandenen ungesättigten Bindungen bestimmt. Hierbei ergab sich, daß bei 290° ein Verschwinden von Doppelbindungen stattfindet, das als Zyklisierung analog wie beim Erhitzen aliphatischer Terpene zu deuten ist. Diese innere Kondensation führt z. B. beim längeren Erhitzen von Kautschuk in Äther im Autoklaven auf 250° zum Poly-Zyklorkautschuk, der auf 5 Isoprenreste nur mehr eine Doppelbindung aufweist.

⁴³ Ber. dtsch. chem. Ges. 46 (1913) S. 736; und Lieb. Anm. 406 (1914) S. 181

⁴⁴ Ber. dtsch. chem. Ges. 56 (1923) S. 1050

⁴⁵ Geiger, E., Über die Konstitution der Hochpolymeren, S. 27

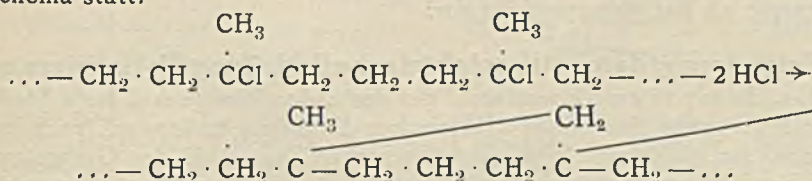
Bei noch höherem Erhitzen auf 290 bis 300° tritt dann der Zerfall ein. Dieser vollzieht sich in zwei Stufen: einer ersten, Zersetzung in niedermolekulare Spaltstücke (Isopren, Dipenten usw.) und gleichzeitig Isomerisierung eines Teiles des Kautschuks zum beständigen Poly-Zyklo-Kautschuk, und einer zweiten, der Zersetzung dieses Poly-Zyklo-Kautschuks. Die erste Stufe der Zersetzung beginnt im Vakuum zwischen 290 bis 300°, unter atmosphärischem Druck zwischen 300 und 310°, während sich die zweite Stufe zwischen 335 bis 345° vollzieht. Wird die Destillation des Kautschuks (bzw. der Guttapercha) nach der ersten Stufe abgebrochen, so lassen sich aus den Rückständen die Poly-Zyklo-Derivate in einer Ausbeute von 80 bis 90% als weiße, amorphe Pulver gewinnen. Quantitativ erfolgt ihre Bildung beim Erhitzen in Äther auf 250 bis 270° (zwei Tage im Autoklaven), während bei der pyrogenen Zersetzung ihre Ausbeute von der Zersetzungsgeschwindigkeit abhängt. Bei langsamem Steigern der Temperatur von 290 auf 320° bilden sie sich in einer Ausbeute von etwa 50%, während beim raschen Erhitzen über den Zersetzungspunkt ihre Bildung ausbleibt.

Die Zyklisierung kommt in der Änderung des spezifischen Gewichtes und der Molekularrefraktion zum Ausdruck. Poly-Zyklo-Kautschuk:

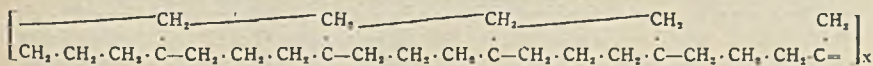
$$D \frac{16}{20} = 0,992, \quad n \frac{20}{D} = 1,5263. \quad \text{Analoge Veränderungen kann man auch bei}$$

der Zyklisierung aliphatischer Terpene verfolgen.

Aus diesem Grunde wurden diese neuen Körper Zyklorkautschuke genannt, und zwar zum Unterschied von den von W. W i d m e r⁴⁶ durch Reduktion der Kautschuk-Hydrohalogenide mit Zinkstaub hergestellten Mono-Zykloderivaten, die noch die Hälfte der Doppelbindungen enthalten, als Poly-Zyklo-Kautschuke bezeichnet. Ihre Bildung findet nach dem genannten Autor in Analogie zum Zyklogeraniolen nach dem folgenden Schema statt:



Die Mono- oder besser Hemi-Zyklo-Verbindungen sind noch weiter zyklisierbar, sei es durch Erhitzen auf höhere Temperatur (270°) oder durch erneute Halogen-Wasserstoffanlagerung und Reduktion mit Zinkstaub. Die Zyklisierung kommt dann, wenn vier Fünftel der ursprünglichen Doppelbindungen verschwunden sind, zum Stillstand. Aus der Bromtitration und Hydrierung geht hervor, daß auf vier Ringbildungen eine Doppelbindungverschiebung eintritt. Dem Grundkomplex des Poly-Zyklo-Kautschuks kommt somit die folgende Formel zu:



⁴⁶ Dissertation, Zürich 1925

Da die Ringbildung ein exotherm verlaufender Vorgang ist, so muß die Verbrennungswärme der Zyklokautschuke niedriger als diejenige des Rohkautschuks sein, was durch Versuche von Schläpfer bestätigt wurde. Verbrennungswärme des Kautschuks = 10 700, Verbrennungswärme des Poly-Zyklo-Kautschuks = 10 580 Kalorien.

Interessant ist, daß die bei der pyrogenen Zersetzung des Kautschuks oder der Gutta erhaltenen Polyzyklo-Kautschukderivate auch bei der Zinkstaubreduktion der Hydrobromide in Tetralin erhalten werden. Während bei der Hitzekondensation immer das gleiche zyklisierte Produkt erhalten wird, werden bei der Reduktion je nach den Versuchsbedingungen Produkte wechselnder Ungesättigtheit gebildet. Die verbleibenden Doppelbindungen sind sehr reaktionsfähig und lagern leicht Halogen und Halogenwasserstoff, Chlorschwefel und Ozon an und werden durch Salpetersäure und Permanganat aufgespalten. Die Ozonide sind zum Unterschied von denjenigen des Rohkautschuks und der Gutta-percha in Tetra unlöslich und geben bei der Hydrolyse nur wenig wasserlösliche Spaltprodukte. Die thermischen Zyklisierungsprodukte der Gutta verhalten sich denen des Kautschuks ganz analog. Molekulargewichtsbestimmungen ergaben Werte um etwa 2000 (etwa 30 Isoprenreste). Dies zeigt, daß bei der thermischen Zyklisierung auch Molekülsplattung (Verkrackung) stattfindet.^{46a}

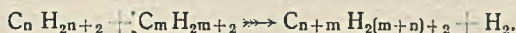
Poly-Zyklo-Kautschuk und -Gutta sind weiße bis bräunliche Pulver, die in Kohlenwasserstoffen, Äther, Chloroform, Tetra, Schwefelkohlenstoff leicht löslich, in Alkohol, Aceton und Eisessig unlöslich sind. Sie sintern bei etwa 90°, schmelzen bei etwa 125° und zersetzen sich oberhalb 330°. Entsprechend ihrer Bildung bei höherer Temperatur und ihrer erhöhten Sättigung infolge Ringbildung, die auch in der Verringerung der Verbrennungswärme ihren Ausdruck findet, stellen die Poly-Zyklo-Kautschuke in physikalischer und chemischer Hinsicht wesentlich stabilere Systeme als das Naturprodukt dar:

2. Zyklisierung durch stille elektrische Entladung (Voltolisierung)

De Hemptienne war wohl der erste, der flüssige und feste Stoffe der Einwirkung der stillen elektrischen Entladung unterwarf, nachdem vorher nur gasförmige Systeme (vornehmlich Sauerstoff) den Gegenstand solcher Untersuchungen gebildet hatten. De Hemptienne machte dabei die bedeutsame Beobachtung, daß Öle unter dem Einfluß der Wechselentladungen eine Erhöhung ihrer inneren Reibung erfahren, wodurch sie zu hochwertigen Schmierölen — Voltolölen — werden. Die Erklärung dieses Vorganges, die anderen vorbehalten blieb, bestätigte

^{46a} Nach einem neueren Verfahren zur Umwandlung von Kautschuk (D. R. P. 563 506, 1931) der I. G. Farbenindustrie A.-G. kann man bei Behandlung von Kautschuk in Gegenwart von Lösungsmitteln in der Wärme die Umwandlung wesentlich dadurch beschleunigen, daß man in Anwesenheit von oberflächenaktiven Stoffen, insbesondere Aktivkohle oder aktiver Bleicherde, z. B. der im Handel unter der Bezeichnung Tonsil AC erhältlichen, arbeitet. Die so erhaltenen Umwandlungsprodukte sind in der Farbe wesentlich heller als bei Abwesenheit der aktiven Stoffe. Ihre anzuwendende Menge kann etwa 20 Prozent des Kautschukgewichtes betragen.

die Annahme Nernsts, derzufolge die Viskositätserhöhungen in einer durch Ionen- und Elektronenstoß ausgelösten Bindungsverschiebung der Ölmoleküle besteht, die sich in der Bildung hochmolekularer Polymerisationsprodukte auswirkt. Durch die große Energie des Elektronenaufpralls wird aus den Flüssigkeitsmolekülen Wasserstoff abgespalten, der einerseits zur Anlagerung an ungesättigte Moleküle befähigt ist, während andererseits die ungesättigten Radikale sich zu höhermolekularen Gebilden (Polymerisationsprodukten) vereinigen, etwa nach dem allgemeinen Schema:



Bei der Einwirkung von Wechselentladungen auf ungesättigte Systeme wie Kautschuk war demnach Polymerisierung, Zyklisierung oder Hydrierung prinzipiell zu erwarten.

Die auf Veranlassung von L. H o c k ⁴⁷ durchgeführten Untersuchungen an verdünnten Lösungen von Naturkautschuk und synthetischem Kaut-

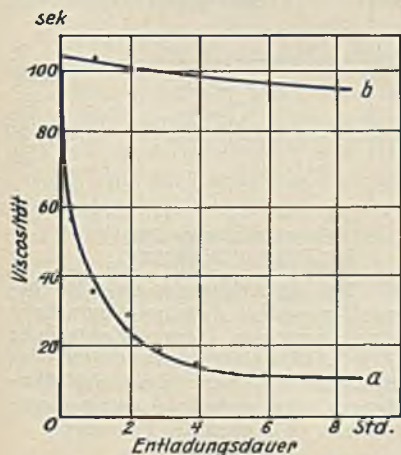


Abb. 1063. Viskosität der elektrisch behandelten Kautschuklösung in Abhängigkeit von der Entladungsdauer, a) der unbehandelten Lösung, b) in Abhängigkeit von der Zahl der Umfällungen (nach G. Fromandi)

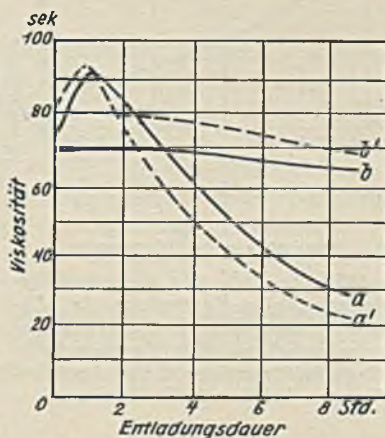


Abb. 1064. Viskosität der Lösungen von synthet. Kautschuk (a Natriumkautschuk, a' normaler Isoprenkautschuk) in Abhängigkeit von der Entladungsdauer bzw. der Zahl der Umfällungen der unbehandelten Lösungen (b und b') (G. Fromandi)

schuk in Dekalin als Lösungsmittel in Wasserstoffatmosphäre ergaben das folgende Bild: Während die Viskosität und die Jodzahl der elektrisch behandelten Naturkautschuklösungen konstant abnahmen und einem Endwert zustrebten, stiegen diese Werte beim synthetischen Kautschuk (sowohl normalen Isopren- als Natriumkautschuk) anfänglich an, um nach Erreichung eines Maximums etwa auf die Endwerte des Naturkautschuks abzunehmen (Abb. 1063 bis 1066). Die Entladung hat demnach sowohl bei

⁴⁷ Fromandi, G., Über die Einwirkung der stillen elektrischen Entladung auf Kautschuk und Dekalin. Kolloid-Beihfte. 27 (1928) S. 190

Natur- wie synthetischem Kautschuk eine Verschiebung bzw. Aufhebung von Doppelbindungen zur Folge, die einerseits die Abnahme der inneren Reibung (Viskosität), andererseits diejenige der Jodzahl erklären.

Während die nach den verschiedenen Entladungzeiten erhaltenen Produkte immer die gleiche Elementarzusammensetzung wie der Ausgangskautschuk aufwiesen, zeigten sie in ihren sonstigen Eigenschaften erhebliche Abweichungen von diesem, so in ihrer Erweichungstemperatur, Lösungsgeschwindigkeit und Verhalten gegen Chlorschwefel.

Ein Vergleich zwischen diesen unelastischen, amorphen Produkten mit dem auf rein chemischem bzw. thermischem Wege erhaltenen, oben beschriebenen Zylokautschuken führte zur Feststellung weitgehender Übereinstimmung. Die Voltolisierung des Kautschuks in Dekalinlösung

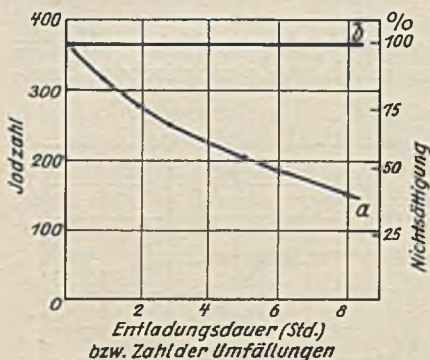


Abb. 1065. Jodzahl des elektrisch behandelten Natur-Kautschuks in Abhängigkeit von der Entladungsdauer (a), des unbehandelten Kautschuks in Abhängigkeit von der Zahl der Umfällungen (b) (nach G. Fromandi)

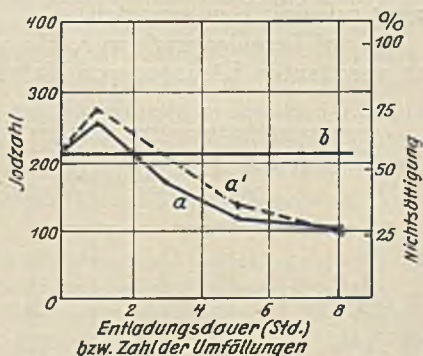


Abb. 1066. Jodzahlen des elektrisch behandelten synthet. Natrium-Kautschuks (a) und normalen Isopren-Kautschuks (a') in Abhängigkeit von der Entladungsdauer bzw. der Zahl der Umfällungen des unbeh. Natrium-Kautschuks (b) (nach G. Fromandi)

ist hiernach als eine stufenweise Isomerisierung über Hemi- zu Poly-Zylo-Kautschuk aufzufassen, deren Mechanismus folgendermaßen zu deuten ist. Der durch die Wechselentladungen bedingte Angriff der Elektronen und Ionen auf die Kautschukmoleküle bedingt eine Auflockerung bzw. Verschiebung ihrer Doppelbindungen und veranlaßt dadurch Ringschlüsse. Neben den Doppelbindungen beteiligen sich vermutlich auch freie Endvalenzen an der Zyklisierung und bewirken so einen allmählichen Übergang von Hemi- in Poly-Zylo-Kautschuk, ein Vorgang, der etwa als eine Doppelbindungsverschiebung auf vier Ringbildungen charakterisiert ist. Die Viskositätserniedrigung ist wohl in erster Linie eine Folge der gleichzeitig vor sich gehenden Depolymerisation der langen Ketten, in Übereinstimmung mit Molekulargewichtsbestimmungen und den sinkenden Erweichungstemperaturen.⁴⁸ Demnach verläuft die Voltolisierung des Naturkautschuks in Lösung prinzipiell verschieden von den-

⁴⁸ So gaben Molekulargewichtsbestimmungen nach Pummerer nach einstündiger Entladung Werte von etwa 2500, die nach achtstündiger Dauer auf 750 sanken.

jenigen von Mineralölen, die unter Polymerisierung der Ölmoleküle und damit unter Erhöhung ihrer Molekulargröße und inneren Reibung vor sich geht.

Ähnlich wie diese Öle verhält sich nun der synthetische Kautschuk im Anfangsstadium der Einwirkung der Wechselentladungen, in dem Erhöhung der Viskosität und der Jodzahl festgestellt werden konnten. Nach einstündiger Entladungsdauer stiegen die Jodzahl und die Viskosität um rund 25%, um dann wieder um 50% für die Jodzahl und um 70% für die Viskosität unter die Anfangswerte zu sinken. Diese Beobachtungen führen zu der Annahme, daß im Anfange der Entladung Auflockerung von Endringschlüssen erfolgt⁴⁹, die von Polymerisierung gefolgt sind, während im weiteren Verlauf der Einwirkung analog wie beim Naturkautschuk stabile Zyklisierungsprodukte entstehen. Die elektrische Behandlung bewirkt demnach sowohl Ringschließung wie -öffnung, die je nach der Reaktionsgeschwindigkeit dieser Vorgänge zu Polymerisierung bzw. Zyklisierung führt.

3. Zyklisierung mittels chemischer Mittel

Es wurde bereits oben erwähnt, daß Kautschuk-Hydrohalogenide bei der Reduktion mit Zinkstaub in der Wärme Hemi-Zyklo-Kautschuk, bei gleichzeitiger Einwirkung von Halogenwasserstoff Poly-Zyklo-Kautschuk liefern. Hierbei handelt es sich wohl in erster Linie um eine Zyklisierung infolge thermischer Wirkung, deren Richtung durch die Konstitution bzw. das Verhalten der Hydrohalogenide bei höherer Temperatur bereits vorgezeichnet erscheint. Weniger klar ist der Vorgang der Zyklisierung bei der Einwirkung der meisten anderen chemischen Agenzien auf Kautschuk zu erkennen. Im Gegensatz zur Bildung der Kautschukderivate ist die Kautschukzyklisierung nicht mit einer Ausbeuteerhöhung (bez. auf Kautschuk-Kohlenwasserstoff), sondern meist mit einem geringen Substanzverlust verbunden.

a) Zyklisierung mittels konzentrierter Schwefelsäure

Wieder war es *Harries*, der anscheinend als erster chemisch zyklisierten Kautschuk in Händen hatte, als er konzentrierte Schwefelsäure auf benzolische Kautschuklösungen einwirken ließ.⁵⁰ Er verfolgte dabei die Absicht, den Kautschuk durch die kondensierende Wirkung der konzentrierten Schwefelsäure in ein Produkt von noch höherer Molekulargröße zu verwandeln und so, wie er irrtümlich meinte, in Guttapercha überführen zu können. Er erhielt dabei ein weißes, bröckeliges Produkt, das die gleiche empirische Zusammensetzung wie der Rohkautschuk aufwies und das er zufolge seiner Unlöslichkeit für ein höheres Polymeres des Kautschuks hielt. Mit *Gutta* hatte es aber, wie *Harries* richtig

⁴⁹ Nach *Staudinger* ist künstlicher Kautschuk teilweise zyklisiert, so daß sich sein abweichendes Verhalten im Vergleich zu Naturkautschuk erklärt. Eine Stunde vultolierter synthetischer Kautschuk zeigte sich tatsächlich dem Naturkautschuk viel ähnlicher.

⁵⁰ Vortrag auf der Hauptversammlung d. Österr. Ing.- und Architekten-Vereins in Wien, März 1910; vgl. *Unters.* S. 6

erkannte, nichts zu tun. *Harries* hat diese interessanten Versuche anscheinend nicht weiter fortgeführt bzw. darüber berichtet. In der Folgezeit übernahm der Verfasser, angeregt durch die 1919 erschienenen »Untersuchungen« von *Harries*, die Fortführung der angedeuteten Versuche, deren Ergebnisse kurz wie folgt zusammengefaßt werden können:⁵¹

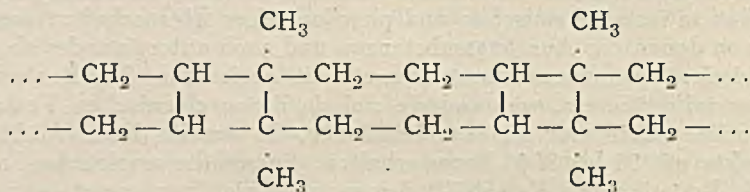
Während bei Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf Rohkautschuk in fester Form, je nach der Einwirkungsdauer mehr oder weniger weit dehydrierte bzw. oxydierte, kohleartige Massen entstehen, bilden sich bei der Reaktion in organischen Lösungsmitteln weiße bis gelbliche, amorphe, zu feinen korkmehlartigen Pulvern zerreibliche Massen, die je nach der verwendeten Kautschuksorte in den gebräuchlichen Kautschuklösungsmitteln entweder unlöslich und nur mehr oder minder stark quellbar sind (Parakautschuksorten), oder wie die Umwandlungsprodukte von afrikanischen Kautschuksorten mehr oder minder gut löslich und quellbar sind. Auch hinsichtlich ihres thermischen Verhaltens bestehen entsprechende Unterschiede, indem z. B. die Umwandlungsprodukte des Parakautschuks unschmelzbar sind und beim Erhitzen über 200° sich zu zersetzen beginnen, während diejenigen der afrikanischen Kautschuke thermoplastisch sind und bei etwa 180° unter Schwarzfärbung zu asphaltartigen Massen schmelzen. Analog wie Kautschuk erleiden auch Gutta, Balata und synthetische Kautschuke, in organischen Lösungsmitteln gelöst oder gequollen, Umwandlung in amorphe Produkte, die sich hinsichtlich Löslichkeit und Quellbarkeit ähnlich wie diejenigen der afrikanischen Kautschuke verhalten.

Bei den Umwandlungsvorgängen in Lösung spielen übrigens noch andere Faktoren eine Rolle, so die Natur des Lösungsmittels, die Menge der Schwefelsäure und ihre Einwirkungsdauer sowie die Kautschukkonzentration. So erhält man bei kurzer Einwirkungsdauer rohgummiartige Massen, die nur schwerer löslich sind als das Ausgangsmaterial, dafür aber leichter leimig werden, wohl infolge eines teilweisen Abbaues ihrer Schutzkolloide. Was den Einfluß des Lösungsmittels anbelangt, so sinkt z. B. bei Benzollösungen die Viskosität sehr rasch nach dem Zusatz der Schwefelsäure, während in Benzin- und Schwefelkohlenstofflösungen vorübergehend Gelatinierung und erst nach einiger Zeit Wiederverflüssigung und Umwandlung stattfindet. Die Rolle des Lösungsmittels ist demnach anscheinend eine zweifache: einmal macht es das komplexe Kautschukmolekül mehr oder weniger reaktionsfähig, andererseits schützt es den Kohlenwasserstoff vor einem so weit gehenden Angriff wie im festen Zustand.

Die Umwandlung findet schließlich auch bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Kautschuk *l a t e x* statt. Wichtig hierbei ist die Einhaltung bestimmter Konzentrationen und Rühren unter Kühlung, zwecks Vermeidung von Koagulation. Es sei vorweggenommen, daß sich die aus *l a t e x* erhaltenen Umwandlungsprodukte in ihren Eigenschaften zum Teil abweichend von denen aus Lösung verhalten.

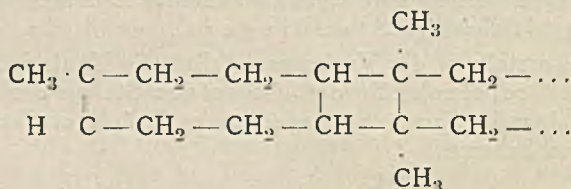
⁵¹ Kirchhof, F., Kolloid-Z. 27 (1920) S. 311; 30 (1922) S. 176; Kautschuk 2 (1926) S. 1

Bindungen übergehen, wodurch die Restvalenzen R_2 verschwinden. Hierdurch ist sowohl das Unlöslichwerden wie auch die starke Verringerung der Solvatation erklärt. Es entstehen Systeme aus abwechselnd methylierten Tetramethylen- bzw. Achtringen, die Poly-Zyklo-Kautschuke:

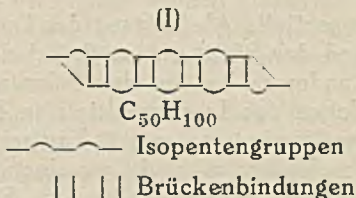


Sulfo-Poly-Zyklo-Kautschuk

Eine gewisse scheinbare Schwierigkeit besteht noch bezüglich der verbleibenden ungesättigten Bindungen, doch läßt sich diese wie folgt beheben: Aus reinen Wahrscheinlichkeitsgründen werden sich einmal nicht lauter gleich lange Moleküle aneinanderlagern bzw. falls dies gleich lange Moleküle tun, wird dies nicht immer so erfolgen, daß die Molekülenden miteinander übereinstimmen; so verbleiben demnach gegen die Enden der Doppelmoleküle zu ungesättigte Glieder bestehen, während die Endvalenzen aller Doppelmoleküle sich gegenseitig absättigen. Es wird also sehr häufig vorkommen, daß die »Enden« der Doppelmoleküle der Zyklokautschuke die folgende Konstitution aufweisen werden:



Zahlreiche Molekulargewichtsbestimmungen an Hydro- und Zyklo-Kautschuken deuten darauf hin, daß stabile Endstufen von einer Molekulargröße von etwa 700 existieren, die etwa 10 Isopentengruppen entsprechen. Diese ergeben bei der Zyklisierung nach dem obigen Schema einen Poly-Zyklo-Kautschuk, der auf 5 Isoprenreste eine Doppelbindung enthält, schematisch demnach die folgende Konstitution (I) aufweisen wird:

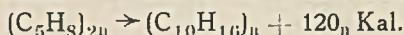


Es ist wahrscheinlich und naheliegend, daß sich derartige Brückenbindungen auch zwischen verschiedenen »Doppelmolekülen« ausbilden können, wodurch höhermolekulare Gebilde von gleichem oder ähnlichem Grundtypus entstehen werden (II).

Gewichtszunahme infolge Oxydation festzustellen ist. Ferner gleichen auch die bei der Schwefelsäurezyklisierung sich bildenden größeren oder geringeren Mengen aceton- und alkalilöslicher Produkte in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften weitgehend den entsprechenden Substanzen, die bei der Oxydation von vulkanisiertem Kautschuk in der Wärme auftreten. Auch das unlösliche Endprodukt $C_{20}H_{30}O$, das bei der Oxydation der Vulkanisate die Hauptmenge bildet, stimmt in seiner Zusammensetzung mit dem Reaktionsprodukt von konzentrierter Schwefelsäure und Kautschuk (in fester Form) überein. Die Zyklisierung mittels Schwefelsäure ist analog wie diejenige durch Wärme ein exothermer Vorgang und daher mit Verminderung der Verbrennungswärme verbunden. F. Kirchhof und O. Matulke⁵² fanden für verschiedene Kautschuke bzw. Zyklisierungsstufen die folgenden Werte:

	Verbrennungswärme:
Sulfo-Zyklokautschuk aus Parakautschuk, unlöslich	9 840 Kal.
Sulfo-Zyklokautschuk aus Kongokautschuk, unlöslich	9 890 „
Sulfo-Zyklokautschuk aus Kongokautschuk, löslich	10 075 „
Thermo-Zyklokautschuk nach Staudinger, unlöslich	10 580 „
Rohkautschuk (nach Schläpfer)	10 700 „

Die Schwefelsäurezyklisierung kann demnach durch die folgende Bilanz ausgedrückt werden:



Zyklokautschuk ist demnach das stabilere System und wird sich daher überall dort bilden, wo Gelegenheit hierzu geboten ist, demnach auch bei der Oxydation stark geschwefelter Vulkanisate, zufolge hierbei auftretender Schwefelsäurebildung. Entsprechend der stärkeren Verringerung der Verbrennungswärme bei der Schwefelsäurezyklisierung findet auch eine stärkere Dichtezunahme als bei der thermischen Zyklisierung statt. Es wurden für die unlösliche Form Werte von 1,096, für die lösliche des Kongokautschuks 1,06 gefunden. Während die Zyklo-derivate des Parakautschuks unlöslich und wenig quellbar sind, zeichnen sich diejenigen der Guttapercha, Balata und der afrikanischen Kautschuksorten durch weitgehende Löslichkeit aus. Diese Produkte sind auch schmelzbar und bilden dann pech- und schellackähnliche Massen, die nur mehr teilweise löslich sind. Die Sulfo-Zyklo-Kautschuke sind zufolge ihrer noch vorhandenen Ungesättigtheit vulkanisierbar; im Maximum werden 10% S gebunden.

c) Darstellung und technische Eigenschaften der Sulfo-Zyklo-Kautschuke aus afrikanischen Kautschuksorten

Das teilweise abweichende Verhalten afrikanischer Kautschuksorten bei der Zyklisierung mit konzentrierter Schwefelsäure bildete den Gegenstand eines Patentes, das dem Verfasser 1922 erteilt wurde (Ö. P. 90 775 und Zusatz-P. 93 480). Diese Zyklokautschuke entstehen bei der Einwirkung von 60 bis 66° Bé starker Schwefelsäure ($d = 1,7$ bis 1,84) auf

⁵² Ber. dtsh. chem. Ges. 57 (1924) S. 1266

10proz. Lösungen von Kongo-, Kassai-, Aruvimi- oder Ubanghikautschuk bei gewöhnlicher oder etwas erhöhter Temperatur.⁵³ Es findet zuerst Dunkelfärbung der Lösungen und starke Abnahme ihrer Viskosität statt, allmählich tritt wieder Verfestigung ein. Nach Abtreibung des Lösungsmittels mittels Wasserdampf wird die Schwefelsäure durch Neutralisation mit Natronlauge oder Kalkmilch abgestumpft und die gebildeten Salze aus der bläsigen Masse auf Waschwalzen ausgewaschen und hierauf in Vakuumschränken getrocknet. Das trockene, bastartige, weiße bis gelbliche Produkt läßt sich zu einem lockeren, korkmehlartigen Pulver mahlen. Mit Mineral- oder Harzölen verrührt, bildet es homogene Massen, die sich zu zähen, durchscheinenden Fellen auswalzen lassen, die weitgehende Ähnlichkeit mit Guttapercha besitzen. Diese Produkte lassen sich auch vulkanisieren und geben dann leder- bis ebonitartige Vulkanisate. Die Zyklokautschuke der afrikanischen Sorten sind *thermoplastisch*. Bei etwa 100° C tritt schwache Erweichung ein, Pulver oder Späne lassen sich daher in der Wärme unter Druck ähnlich wie Hartgummistaub verpressen. Durch vorheriges Vermischen mit Schwefel, Füll- oder Farbstoffen lassen sich hübsche Effekte und verschiedene Härtegrade erzielen. Die Preßstücke weisen die Härte von Horn oder Ebonit auf und lassen sich ähnlich wie diese Stoffe bearbeiten (drehen, fräsen, in der Wärme verformen). Die lockere, kork- bzw. bastartige Beschaffenheit der rohen Sulfo kautschuke kann für Zwecke der Wärmeisolation ausgenutzt werden (Korkersatz).

Die Lösungen der Sulfo-Zyklo-Kautschuke in organischen Lösungsmitteln (Solventnaphtha usw.) können für säurefeste Anstriche von Holz oder Stein verwendet werden, desgleichen die geschmolzenen Produkte oder deren Lösungen.

Wie schon erwähnt, kann an Stelle von Kautschuklösungen auch Kautschuklatex verwendet werden. Die hierbei entstehenden Produkte, auch solche von Heveakautschuk, weichen zum Teil von den oben beschriebenen ab. Sie quellen stark in Xylol und lösen sich größtenteils darin auf. Diese Lösungen geben nach dem Verdunsten des Lösungsmittels eine zähe, gelblichbraune, durchscheinende, wenig elastische und wenig klebrige Masse, die an synthetischen Dimethylkautschuk erinnert. Das Produkt läßt sich auch im Gegensatz zum Para-Zyklo-Kautschuk zu einer pechartigen Masse schmelzen. Es erscheint dem Verfasser nicht ausgeschlossen, daß der Zyklokautschuk aus *Latex*, da er wesentlich billiger als der aus Lösungen herzustellen ist, eine technische Zukunft besitzen könnte.

d) Die »Thermoprene« H. L. Fishers

Unabhängig vom Verfasser gelangte etwas später Harry L. Fisher⁵⁴ (B. F. Goodrich Comp.) zu ähnlichen Zyklisierungsprodukten, indem

⁵³ Zufolge des exothermen Verlaufes der Umwandlung und wohl auch infolge von Nebenreaktionen (Bildung organischer Sulfosäuren), findet Erwärmung bis auf 80° C und darüber statt.

⁵⁴ Ind. Engng. Chem. 19 (1927) S. 1325; R. Age (Ldn.) 8 (1928) S. 462; ferner A. P. 1 668 236 (1928)

er konzentrierte Schwefelsäure mit Kieselgur oder Titanweiß als Aufsaugemittel vermengt, in Rohkautschuk einmischte und diese Mischungen mehrere Stunden auf Vulkanisationstemperatur (125 bis 130° C) erhitzte. Die Menge der konzentrierten Schwefelsäure variierte zwischen 5 und 25 Teilen auf 100 Teile Rohkautschuk, dementsprechend auch diejenige der Füllstoffe. Die Mischungen werden in Form von einhalb bis einen Zoll starken Platten der Erhitzung unterworfen. Es entstehen zähnharte, thermoplastische Produkte, die auf heißen Walzen bearbeitet oder zwecks Imprägnierung von Geweben oder Herstellung von Formartikeln weiterbehandelt werden können. Diese thermoplastischen Substanzen, von H. L. Fisher »Thermoprene« genannt, zeichnen sich durch Formbarkeit ihres Pulvers aus, dem naturgemäß Füll- und Farbstoffe zugemischt werden können. Desgleichen besitzen sie hohen dielektrischen Widerstand. Durch Verwendung wesentlich geringerer Mengen von Säuren gelingt es, weichgummiähnliche Produkte zu erzielen. Es handelt sich dabei zweifellos um niedrigere Grade von Zyklisierung, die dem unlöslichen Rohkautschuk zu vergleichen sind, bei dem ja ebenfalls dreidimensionale Verkettung von Fadenmolekülen durch Sauerstoffbrücken angenommen wird.

In einer späteren Anmeldung (Dezember 1924)⁵⁵ wird die Anwendung der die Umwandlung bewirkenden Reagenzien auf Verbindungen der allgemeinen Formel $R-SO_2-X$ ausgedehnt, worin R ein organisches Radikal oder die OH-Gruppe und X eine Hydroxylgruppe oder Chlor bedeutet, demnach Schwefelsäure, organische Sulfosäuren, Sulfochloride oder Gemische davon umfaßt. Mit Hilfe dieser Verbindungen ist es möglich, Umwandlungsprodukte sehr verschiedenartigen Charakters zu erzielen, z. B. solche von weichgummiähnlicher Beschaffenheit, dann zähe, wärmeplastische Produkte, die an Balata erinnern, schließlich harte zerreibbare Substanzen, die bei höherer Temperatur erweichen oder schmelzen und welche in vieler Hinsicht Schellack ähneln. Dementsprechend eignen sich diese Produkte für die verschiedensten Verwendungszwecke, wie Isolationsmaterial, Riemen, Formartikel, Phonographenplatten oder andere Artikel, die aus Balata, Guttapercha oder Schellack herstellbar sind. Die zyklisierend wirkenden Substanzen werden wie im früheren Patent dem Rohgummi auf der Walze einverleibt und dieser ebenso weiter behandelt. Nach der Umwandlung können die sauren Substanzen auf warmen Walzen herausgewaschen oder in anderer Art wieder unschädlich gemacht werden. Von die Umwandlung bewirkenden Substanzen seien die folgenden erwähnt: organische Sulfosäuren, z. B. Benzol-, Toluol-, Paraphenolsulfosäure, Sulfosalizylsäure, 2,5-Dichlor-p-Toluolsulfosäure, Äthylsulfosäure und andere Derivate, die eine gleichwertige Sulfosäuregruppe enthalten.

Die durch Sulfosäuren bewirkten Reaktionen sind zweifellos an die Gegenwart der freien Sulfosäuregruppen gebunden, da alle Veränderungen, die eine Neutralisation oder Verminderung der Säurewirkung dieser Verbindungen bedingen, auch ihre Reaktionsfähigkeit mit Kautschuk

⁵⁵ A. P. 1 605 180, erteilt November 1926; D. R. P. 487 771 (1930)

verringern oder ganz unterbinden. So geben z. B. Salze, Ester, Amide oder Imide von Sulfosäuren, z. B. p-toluolsulfosaures Natrium oder Methyl-o-Benzoesäuresulfinid, die früher beschriebene Umwandlung nicht. Desgleichen wurde gefunden, daß basische Gruppen in solchen Sulfosäuren wie in Sufanilsäure, o-Nitroanilin-p-Sulfosäure, p-Phenetidin-Sulfosäure neutralisierende Wirkung auf die Sulfosäuregruppe ausüben, weshalb auch die Sulfonsäuren nicht wirksam sind. Dagegen wurde gefunden, daß o-Sulfobenzoesäureanhydrid, das keine freie, Sulfosäuregruppe enthält, mit Kautschuk in der Wärme reagiert, indem wahrscheinlich bei der Reaktion solche Gruppen entstehen. Die Hydrolyse wird jedenfalls durch Feuchtigkeitsspuren des Kautschuks, später durch das entstehende Reaktionswasser bewirkt.

Es wurde ferner gefunden, daß durch Verwendung von Gemischen aus Schwefelsäure und einer Sulfosäure oder eines Sulfochlorids mit kleineren Mengen an Reagenz bessere Resultate erzielt werden können.

Der Charakter der Thermoprene wird außer von der Menge des Reagens noch weitgehend bestimmt durch die Dauer und Temperatur der Reaktion. Dies geht aus den nachstehenden Beispielen hervor. Zur Darstellung des elastischen Produktes werden 4 bis 5 Teile p-Toluol- oder p-Phenolsulfosäure in 100 Teile Kautschuk auf der Walze eingemischt. Die Mischung wird zu Platten ausgewalzt und in einem Wärmeschrank 20 bis 40 Stunden auf 120° C erhitzt. Diese Umwandlung ist im Vergleich mit den heutigen Vulkanisationszeiten demnach als sehr unökonomisch zu bezeichnen. Es entsteht ein zähes, wenig elastisches, nicht thermoplastisches Produkt. Es wird auf der Walze zwecks vollständiger Homogenisierung weiter bearbeitet.

Für die Herstellung des balataartigen Umwandlungsproduktes werden $7\frac{1}{2}$ Teile p-Phenolsulfosäure mit 100 Teilen Kautschuk gemischt und die ganze Masse 4 bis 10 Stunden auf 120 bis 145° C erhitzt. Nach einigen Stunden der Erhitzung setzt in der Masse eine starke exotherme Reaktion ein, die die Temperatur auf 200 bis 230° C steigen läßt.

Zur Bereitung des harten, pulverisierbaren, schellackartigen Zyklisierungsproduktes mastiziert man 100 Teile Kautschuk und gibt allmählich ein Gemisch von 8 Teilen p-Toluolsulfosäure und 2 Teilen konzentrierter Schwefelsäure ($d = 1,80$) sowie 2 Teile Wasser zu. Nach vollständiger Homogenisierung wird die Masse im Wärmeofen 8 Stunden auf 145° C erhitzt. Bei der exothermen Reaktion steigt die Temperatur auf 250° C und darüber, gleichzeitig entwickeln sich Gase und Dämpfe, die einen Gewichtsverlust von 6 bis 7% bewirken. Nach Überschreitung des Temperaturmaximums wird die Wärmequelle ausgeschaltet und die Masse im Ofen abkühlen gelassen. Das so erhaltene braune bis schwarze amorphe Produkt besitzt muscheligen Bruch und erweicht bei 50 bis 65° C, verwandelt sich zwischen 90 bis 120° C in eine zähe Masse, die bei etwa 275° C schmilzt. Diese allmähliche Umwandlung macht das Produkt besonders für die Formung in der Wärme geeignet. Auch die balataartigen Produkte wandeln sich bei längerer Erhitzung allmählich in diese schellackartigen Massen um. Dieselben sind in den bekannten Kautschuklösungsmitteln etwas leichter löslich als Rohkautschuk, un-

löslich dagegen (im Gegensatz zu Schellack) in Alkoholen, Estern, Ketonen, Säuren und Alkalien. Das spezifische Gewicht dieser Produkte bewegt sich zwischen 0,990 und 1,005. Ihre mechanischen Eigenschaften ähneln denen des Schellacks. An Stelle von Plantagenkautschuk kann man auch minderwertige Wildkautschuke verwenden, die aber etwa die doppelte Menge an Umwandlungsreagens benötigen.

In dem D.R.P. 489 968 (1930), Zusatz-P. zu D.R.P. 487 771, wird das Verfahren auch auf vulkanisierte oder regenerierte Kautschukabfälle, die mit Rohkautschuk und Erweichern sowie den Sulfosäurechloriden vermischt werden können, ausgedehnt.

Diese »Thermoprene« besitzen nach H. L. Fisher ebenfalls die gleiche empirische Zusammensetzung wie der Rohkautschuk, dagegen wesentlich geringere Ungesättigtheit. Auf Grund der Titration mit Chlorjod (Methode Kemp-Wijs) besitzen die zähen, balataartigen Zyklisierungsprodukte noch etwa 60 bis 70%, die schellackartigen dagegen nur mehr 25% der Ungesättigtheit des Rohkautschuks. Erstere stimmen daher auch in chemischer Hinsicht mit den Schwefelsäure-Umwandlungsprodukten des Verfassers, letztere mit dessen durch Schmelzen der ersten erhaltenen schwarzen hydroaromatischen Zyklisierungsprodukten überein.⁵⁶

Ähnliche Zyklisierungen wie mit Sulfosäuren finden auch mit Trichloressigsäure statt. Hierauf gründet sich das A. P. 1 642 018 (1928) der B. F. Goodrich Comp., New York. Löst man Kautschuk oder Guttapercha in geschmolzener Trichloressigsäure (Fp. 55 bis 57° C), so färbt sich die Schmelze gelblichrot, welche Färbung sich beim Erhitzen bis zum Sieden (Kp. 195 bis 196° C) zu intensiv Orangerot vertieft. Beim Lösen dieser Schmelze in Wasser scheidet sich ein grau-violetter Niederschlag ab, der sich beim Trocknen an der Luft ocker verfärbt. Beim Trocknen unter Luftabschluß erhält man ein gelblichweißes Pulver, das sich bei Eintragen in Trichloressigsäure wieder mit orangeroter Farbe löst. Auf andere Art hergestellte Zyklokautschuke zeigen das gleiche Verhalten (l. c. 34). Auch mit Trichloressigsäure können je nach den Arbeitsbedingungen thermoplastische bis zähnharte Zyklisierungsprodukte erhalten werden.

e) Thermoprene als Anstrichfarben und Lacke

Wie bereits oben erwähnt wurde, sind die durch thermochemische Umwandlung erzeugten balata- bis schellackartigen Produkte in organischen Lösungsmitteln mehr oder weniger vollständig löslich. Man kann damit 10 bis 20proz. Lösungen herstellen, die immer noch gut streichfähig sind.⁵⁷ Die mit »Thermopren« hergestellten Anstriche sind widerstandsfähig gegen Säuren, Alkalien, ätzende Gase und andere Chemikalien und fast undurchlässig für Feuchtigkeit. An der Luft und im Licht zeigen sie

⁵⁶ Dies wurde von H. L. Fisher angezweifelt (Kautschuk 5 (1929) S. 48), geht aber naturgemäß schon daraus hervor, daß die Wirksamkeit der zyklisierenden Agenzien an die Gegenwart von SO₂X-Gruppen gebunden ist, und daß Fisher ebenfalls H₂SO₄ oder Gemische mit dieser empfiehlt.

⁵⁷ Grey, H. A., Ind. Engng. Chem. 20 (1928) S. 156

keine Neigung zum Trübe- oder Fleckigwerden. Ferner zeigen die Thermoprenfarben ein sehr gutes Haftvermögen. Der Thermoprenfilm ist auch ziemlich elastisch, was daraus hervorgeht, daß ein Stahlblech, das mit drei Anstrichen von Thermopren versehen und auf minus 18° C abgekühlt wird, doppelt geknickt werden kann, ohne daß der Film rissig wird. Desgleichen sind die Thermoprenfilme außerordentlich widerstandsfähig gegen große Temperaturschwankungen. Fünfzehnmaliges Erwärmen auf 115° C und Abkühlen auf minus 15° C erzeugte bei einem Thermoprenanstrich auf Stahlblech keine Beschädigung des Films.

Die Thermoprenfarben sind eigentlich als »Lacke« anzusprechen, da das verwendete Lösungsmittel nicht zur Filmbildung mit verwendet wird. Es lassen sich alle Pigmente mit Ausnahme von reinweißen verwenden. Günstig erwies sich ein Zusatz von 70 Volumprozenten an Pigment. Auch Öle und Weichmachungsmittel lassen sich mitverarbeiten. Im allgemeinen sind die üblichen Kautschuklösungsmittel wie Benzin, Benzol, Toluol, Tetra und Terpentinöl verwendbar. Die Wahl des Lösungsmittels erfolgt je nach der Art der Verarbeitung, ob die Farben zum Streichen, Spritzen oder Tauchen dienen sollen. Die Thermoprenlacke sind außerordentlich gut zur billigen Autolackierung geeignet.⁵⁸

Große technische Bedeutung kommt ihnen auch als Schutzanstrich für Treibriemen und Transportbänder zu, wodurch einerseits ein Schutz gegen die zerstörende Wirkung des fortgeschleuderten Schmieröles bei Treibriemen bzw. des Fördergutes bei Transportbändern, andererseits eine Erhöhung ihrer Adhäsionsfähigkeit an Scheiben und Rollen erzielt wird. Des weiteren kommen Thermoprenanstriche noch für Erz- und Kohletransportwagen, Schüttelrutschen, Schläuche und Rohrleitungen, Mischmaschinen, Erzflotationszellen sowie säurefeste Bodenbeläge in Frage. Bei stärkerer Inanspruchnahme wird man für viele Zwecke zu Thermopren-Auskleidungen greifen (s. Vulkanlockverfahren).

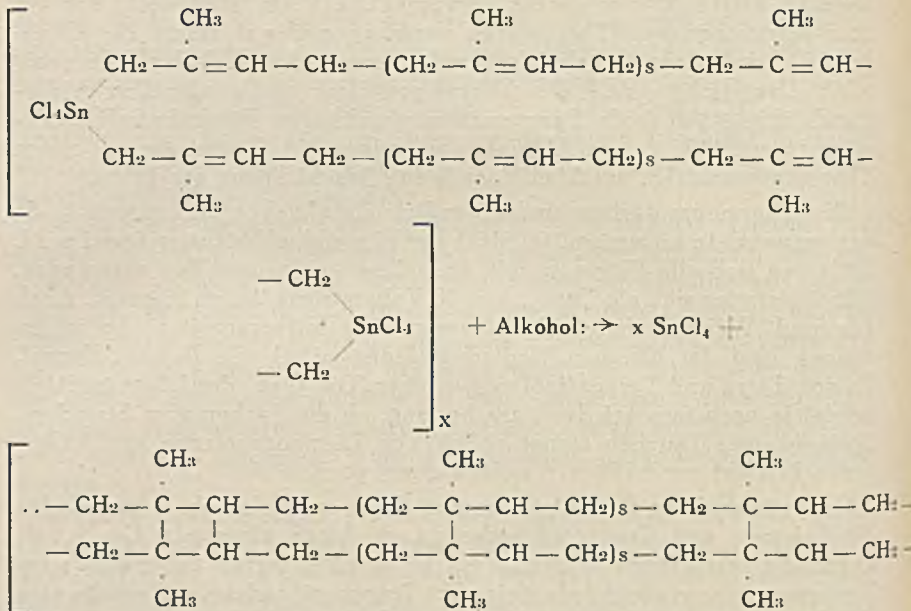
f) Kautschukzyklisierung mittels Metall- oder organischen Halogenverbindungen

H. A. Bruson, L. B. Sebrell und W. C. Calvert⁵⁹ machten die Entdeckung, daß bei Behandlung von benzolischen Kautschuklösungen unter Luftabschluß mit entwässertem Zinnchlorid bei Zimmertemperatur Addition unter Bildung einer gefärbten Verbindung stattfindet. Das Additionsprodukt entsprach der Zusammensetzung $[(C_5H_8)_{10} \cdot SnCl_4]_x$. Unter trockenem Stickstoff aufbewahrt, ist es ziemlich beständig, spaltet aber in Berührung mit Alkohol oder Aceton leicht das Metallhalogenid wieder ab. Dabei fällt der Kautschuk-Kohlenwasserstoff $(C_5H_8)_x$ als weißes, amorphes Pulver aus. Die Chloride von Titan, Eisen und Antimon reagieren ähnlich. Alle diese Halogenide besitzen Nebenvalenzen, die es ihnen ermöglichen, sich vielen organischen Verbindungen, die ungesättigte Atome oder Doppelbindungen enthalten, anzulagern. Die Addition von Zinnchlorid an den Kautschuk-Kohlenwasserstoff bzw.

⁵⁸ Chem. Tr. J. (1927) S. 2120

⁵⁹ Ind. Engng. Chem. 19 (1927) S. 1033

dessen Umwandlung in den isomeren Kohlenwasserstoff wird von den Autoren wie folgt formuliert:⁶⁰



Diese Formulierung stimmt demnach mit derjenigen des Verfassers, die er den Sulfo-Zyklo-Kautschuken zuschreibt, überein. Die genannten Forscher fanden auch, daß gereinigter unmastizierter Kautschuk zwei Formen des Additionsproduktes lieferte: etwa 75% eines in kaltem Benzol löslichen Teiles und etwa 25% eines in allen Lösungsmitteln unlöslichen Produktes. Unmastizierter Äther-Diffusionskautschuk (nach Feuchter) ergab dagegen nur ein in Benzol vollkommen lösliches Isomeres. Nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse darf man wohl annehmen, daß diese Formen einerseits dem löslichen, andererseits dem unlöslichen, durch Sauerstoffbrückenbindungen polymerisierten Kautschukanteil entsprechen. Dies wird auch dadurch bestätigt, daß man beim Arbeiten in Gegenwart von Sauerstoff auch im Falle der Verwendung des Diffusionskautschuks ein nur teilweise lösliches Produkt erhält.

Die aus beiden Fraktionen abgeschiedenen Isomeren entsprechen der empirischen Formel $(\text{C}_5\text{H}_8)_x$ und lassen sich praktisch chlor- und asche-frei darstellen. Das lösliche Isomere ist in allen Kautschuklösungsmitteln leicht, in Aceton und Alkohol unlöslich. Beim Eindampfen der Lösungen hinterbleibt ein farbloser, bröckeliger Film, der zwischen 220 bis 225° C erweicht und bei 280° C unter Zersetzung schmilzt. Die Lösung der geschmolzenen Substanz hinterläßt einen bräunlichen, klebrigen, farnis-artigen Film. Die Substanz ist noch ungesättigt und oxydiert sich an der

⁶⁰ Die amerikanischen Forscher bezeichnen diese Umwandlungsprodukte als Kautschuk-„Polymere“.

Luft sehr rasch. Das unlösliche Isomere stellt ein weißes, faserig-asbestartiges, unelastisches Material dar. Infolge seiner großen Zähigkeit läßt es sich schwer pulvern. Bei 250° C fängt es an zu sintern, wird weich und zersetzt sich bei 300° C. Es oxydiert sich an der Luft sehr langsam.

Die Herstellung der Additionsprodukte mit anderen Metallchloriden muß in Lösungen von Tetra oder Chloroform vorgenommen werden, da erstere mit Benzol reagieren. Mit Ferrichlorid wurde ein weißes, krümeliges, vollständig unlösliches Produkt erhalten, ein ähnliches mit Antimontrichlorid. Balata ergab mit Zinnchlorid nur ein lösliches Isomeres der Formel $(C_7H_8)_x$.

Die Herstellung und Anwendung dieser Umwandlungsprodukte ist Gegenstand mehrerer Patente geworden. So wird in dem E. P. 285 071 (1928) der Goodyear Tire and Rubber Comp., Akron, Ohio, die Herstellung schellackartiger Massen geschützt, erhalten durch Einwirkenlassen von Metallhalogeniden, deren positives Element sekundäre Valenzen besitzt, wie Zinntetrachlorid, Antimonpentachlorid, Bortrichlorid, Titanetetrachlorid und Ferrichlorid, auf Kautschuk in fester Form oder auf seine Lösungen in Benzol. Die schellackartigen Produkte werden durch Schmelzen der amorphen Zylo-Kautschuke gewonnen.

Die Herstellung thermoplastischer Kautschukderivate ist im A. P. 1 751 817 (1930) für W. A. Jones und H. A. Winkelmann (B. F. Goodrich Comp., New York) geschützt. Sie werden erhalten durch Erhitzen von Kautschuk mit den Halogeniden des Aluminium, Zinn oder Blei und anderer Schwermetalle. W. C. Geer, New York, ließ sich im E. P. 320 427 die durch die Zyklisierung bewirkte Oberflächenhärtung von Kautschukmischungen, insbesondere von Golfbällen, schützen. Dies geschieht durch Behandeln der Oberflächen mit einer Lösung eines Halogensalzes eines amphoteren Metalles wie Arsen, Antimon, Zinn, Bor, Titan, Eisen oder Aluminium in organischen Lösungsmitteln. Ein mit Kautschuk umhüllter Golfball wird 1 bis 10 Minuten in eine Lösung von rauchendem Zinntetrachlorid in Äthylenchlorid getaucht, in Äthylenchlorid gewaschen und zwecks Entfernung des Metallhalogens mit alkoholischem Alkali behandelt.

g) Anwendung der Kautschukzyklisierung auf das Problem der Befestigung von Kautschuk auf Metallen (Vulkalockverfahren)

Ein lange Zeit ungelöst gebliebenes Problem der Technik war die innige Befestigung verschiedener Materialien, vor allem die des Kautschuks auf Metallen, insbesondere auf Eisen und Stahl. Zahlreiche Mittel und Methoden zu seiner Lösung sind angegeben und versucht worden, ohne indessen zu vollkommen befriedigenden Ergebnissen zu gelangen.⁶¹ Es blieb den Chemikern der B. F. Goodrich Comp., New York, vorbehalten, dieses Problem, soweit es die Befestigung von Kautschuk und Kautschukmischungen auf Eisenmetallen betrifft, in restlos befriedigender Weise zu lösen.⁶² Diese Lösung steht in enger Be-

⁶¹ Ditmar, R., Das Aufvulkanisieren von Kautschuk auf Metalle nach Patentschriften, Gummi-Ztg. 45 (1931) S. 1298

⁶² A. P. 1 719 930 (Juli 1929) für H. A. Grey (B. F. Goodrich Comp.)

ziehung zu den oben beschriebenen Zyklisierungsvorgängen an Kautschuk-Kohlenwasserstoffen.

Die Erfindung, die unter dem Namen des »Vulkalock-Verfahrens« (to lock = verbinden) allgemeiner bekanntgeworden ist, beruht auf der Beobachtung, daß sich eine blanke Metalloberfläche, die mit gewissen chemischen Verbindungen überzogen und hierauf mit einem Kautschukzement belegt wird, sich mit letzterem in der Hitze und unter Druck innig verbindet.⁶³ Die chemischen Substanzen, die diese feste Verbindung bewirken, gehören keiner bestimmten Klasse von Verbindungen an, obwohl anorganische und organische Halogenverbindungen dabei eine wichtige Rolle spielen. In jedem Falle handelt es sich um Substanzen, die einerseits die Metalloberfläche angreifen (ätzen), andererseits auf den Kautschuk-Kohlenwasserstoff entweder oberflächlich zyklisierend oder in anderer Weise chemisch verändernd einwirken, wodurch ein zäher, festhaftender Film zwischen Kautschuk und Metall entsteht.

Von Metallhalogeniden, die besonders befähigt sind, eine festhaftende Zwischenschicht von Kautschuk auf Metall zu liefern, wurden die folgenden befunden: Antimonpentachlorid, Antimontribromid, Kupferchlorür und -chlorid, Ferrifluorid, Quecksilberchlorid, Nickelchlorid, Phosphoroxychlorid, Phosphorpentachlorid, Selenoxychlorid, Aluminium- und Eisenchlorid, Titantrichlorid und Kobaltchlorid. Von Mineralsäuren bewirken Umwandlung: Schwefelsäure, schweflige Säure, Chlorsulfonsäure, Salpetersäure; von organischen Halogen- bzw. Sulfoverbindungen: Dimethyl- und Diäthylsulfat, Penta- und Hexachloräthan, Benzotrichlorid, Jodoform, Naphthalintetrachlorid, Benzolsulfochlorid, p-Nitro-Benzoylchlorid.

Alle diese Substanzen erzeugen, besonders auf Metallen der Eisen-Gruppe, intensiv haftende Schichten. Eine Reihe anderer Substanzen, die weniger wirksam sind, sind die folgenden: Chlor- und Fluorwasserstoff, Arsensäure, Phosphorpentasulfid, Antimontrijodid, Chromchlorid, Jodtrichlorid, Ferro- und Ferrinitrat, Aluminiumnitrat, Wismutnitrat und Bleichromat.

Als Kautschukzement können die verschiedensten Kautschuk-, Gutta-percha- oder Balatamischungen mit und ohne Beschleunigern in organischen Lösungsmitteln oder als Dispersionen verwendet werden.

Die Metalloberfläche wird z. B. mittels eines Sandstrahlgebläses blank gemacht und hierauf mit einer zusammenhängenden Schicht aus einer der oben angegebenen Substanzen durch Aufspritzen oder Aufpinseln überzogen. Auf diesen Film wird dann der Kautschukzement mittels einer Spritzpistole aufgetragen, wobei dafür zu sorgen ist, daß der zuerst erzeugte Film nicht zerstört wird. Man läßt die Zementschicht soweit trocknen, daß sie eine klebrige Oberfläche erhält, und legt dann die endgültige Deckschicht, die aus Kautschukmischung oder einem beliebigen, auf Kautschuk haftenden Material bestehen kann, auf. Durch Hitze und

⁶³ Dieser Gedanke kommt bereits in den Patenten von F. Ahrens (Harzer Achsenwerke, Bornum) zum Ausdruck (D. R. P. 484 894, 1925; E. P. 283 049, 1927), insbesondere im E. P. 302 935 von 1928, das als Vorläufer der entsprechenden Goodrich-Patente zu bezeichnen ist.

Druck wird dann die feste Verbindung zwischen diesen Schichten und dem Metallteil herbeigeführt.

Für die verschiedenen industriellen Zwecke werden von der Goodrich Comp. als Deckschicht zwei Weichgummimischungen empfohlen, und zwar Armorite als Schutzmittel gegen abreibende Wirkung, Acidseal als solches gegen chemische Einwirkung von Säuren u. dergl.

Armorite ist eine Gummimischung von hoher Zugfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung. Es stellt eine weiche, elastische Kautschukmischung von schwarzer Farbe dar und wird gegen die Wirkung von salz- und sandhaltigem Wasser und Schleifstaub empfohlen. Durch Öle, besonders Mineralöle, sowie von Säuren wird es bei höherer Temperatur angegriffen. Dieses Material wird in Form von Platten mit Stahlrückwand von verschiedener Stärke in normalen Größen geliefert. Als größtes Normalblech wird $1,07 \times 3,96$ m mit einer Gummidicke von 1,6 bis 13 mm (durchschnittlich 6,35 mm) geliefert. Die Platten können geschnitten, gebohrt und gebogen werden, ohne daß die Gummidecke beschädigt wird oder ihr Haften am Stahlblech leidet. Körper mit unregelmäßigen Formen, z. B. Automobilteile, werden von der Firma mit der Kautschukschicht überzogen. Außer auf Metall wird Armorite noch auf Fiber und Gewebe aufgezogen, auch ist es unaufgezogen in Stärken von 1,6 mm aufwärts zu haben.

Acidseal ist eine Kautschukauskleidung zum Schutz gegen starke Säuren und Salzlösungen. Von nicht angreifenden organischen Lösungsmitteln werden angeführt: Methyl- und Äthylalkohol sowie Aceton, dagegen wird Acidseal von Essigsäure und Benzol stark angegriffen. Das Material wird daher vorwiegend zum Auskleiden von Säuretanks verwendet. Die Tanks müssen einen Druck von 2,5 Atü aushalten, die für die Anbringung des Überzuges notwendig sind. Desgleichen wird das Material zum Ausfüllern von stählernen Lager- und Druckfässern für Säure geliefert. Die Außenseite dieser Fässer wird mit säurebeständiger Kautschukfarbe gestrichen, um dieselbe vor der Wirkung verspritzter Säure oder vor Säuredämpfen zu schützen. Ferner werden noch Eisenrohre und Durchgangsventile mit Acidseal ausgekleidet.

Schlußbemerkung

Im vorstehenden konnte zufolge des beschränkten Raumes nur eine knappe Übersicht der im letzten Dezennium auf dem Gebiete der Kautschuk-Derivate gemachten Fortschritte geboten werden. Es war dies auch aus dem Grunde nicht anders möglich, weil hier noch vieles im Flusse ist und erst die Erfahrung zeigen wird, welche von den vielen Wegen die gangbarsten sein werden.

Eines scheint aber bereits heute sicher zu stehen: Der Rohkautschuk, den Mutter Natur heute in so reichem Maße zu spenden vermag, ist auch in seinen chemischen Derivaten so vielseitiger Anwendung fähig, daß er als moderner Werkstoff mit manchen alten und zahlreichen neuen Baustoffen in Wettbewerb treten kann, auch auf Gebieten, die bisher ausschließlich letzteren vorbehalten waren.

Während der Weichgummi sich als Stoß- und Lärmdämpfer eine unbestrittene Domäne erobert hat, wird es seinen spröden oder zähen chemischen Vettern schwieriger fallen, festen Fuß in der Praxis zu fassen, da noch manche Schwierigkeiten und Vorurteile bei ihnen zu überwinden sind. Dennoch glaubt aber Verfasser, daß die Kautschuk-Derivate in nicht zu ferner Zukunft in der modernen Bautechnik eine bedeutende Rolle spielen werden.

F. F. Kirchhof

NAMENREGISTER

- A**
- Abel 22
 Adams 57
 Ahrens, F. 1600
 Akron Standard Mold Co. 123
 Albu, H. W. 791
 Alden, H. A. 457, 468
 Alexander 36, 57
 Alexander, Dr. P. 343, 408
 Alexander, Dr. W. 375
 Allen, R. P. 221, 338
 Allgemeine Elektrizitäts-gesellschaft, 833
 Alliot & Co., M. 205
 Altman 1538
 Amende, F. 1045, 1046, 1048
 Amerikanische Chemische Gesellschaft 1432
 Ammon, S. von 1395
 Amon, F. H. 229
 Amsler & Co. 125
 Andersen 376
 Andraß, K. 833
 Apstein, D. 467
 Asano, K. 1530, 1549
 Askaniawerke A.G. 833
 Atkins 766
 Aultmann, P. M. 410
 Ausschuß 13 des Deutschen Verbandes für die Materialprüfung der Technik 5
 Austerweil 761
 Austro-Daimler A.G. 609
 Avery, W. u. T. 865
 Axelrod 37, 57, 384
- B**
- Baker, H. C. 237, 281
 Ball, J. M. 98, 1527
 Banbury 164—170, 337, 998
 Bang 72
 Bannow 27
 Barr, G. 690, 763, 764, 765, 1549
 Barta 24
 Bartlett, W. E. 451, 467, 473
 Bauery 465
 Bausch 808
 Bayer & Co. 577
 Bayer 1283
 Beans 57
 Beaver, D. J. 240, 247, 255
 Beck 38
 Becker & van Hüllen A.G. 1321, 1329
 Beckmann, H. 644, 1125, 1128, 1324, 1506
 Begheyn 75
 Bedford, C. 576, 1081, 1539
 Beebe, I. D. 313, 466
 Behre, J. 282, 306, 405
 Beiersdorf, P. 791
 Belden, F. E. 468
 Bendix 1377
 Benner, R. C. 1415, 1423, 1425, 1430
 Benner, W. W. 1028, 1070
 Berl, E. 5, 16, 17, 21, 24, 27, 29, 31, 36, 52, 57, 74, 84, 90, 379, 809, 833, 1539
 Bernstein 578, 1128
 Berstoff, G. m. b. H., H. 205, 678, 694, 695, 709, 716, 718, 719, 843, 1003, 1005, 1009, 1012, 1319, 1331
 Berzelius 1561
 Biddle, 1426, 1430
 Bierer, J. M. 98, 99, 150, 257, 298, 299, 734, 766, 1306, 1543, 1548, 1549
 Bijl, A. B. 1564
 Bingham, H. 466
 Birkner 61, 81
 Bishop, W. S. 1518
 Black Rock Mfg. Co. 1372
 Bladgett 467
 Blake, J. T. 222, 223, 290, 1307, 1520, 1521
 Blanchard 448
 Blank 5
 Blankenstein 228
 Bloch 802
 Blondstone 465
 Blow, C. M. 1516
 Bobrawa 225
 Bock, W. 1577, 1578, 1579
 Bode, G. 137
 Bodenstein 48
 Bodger, W. H. 235, 237
 Boecler 815, 816, 817, 819
 Böhm v. Börnegg 1431
 Böhme 124
 Bogatyr 1040, 1057
 Boggs, C. R. 257, 289, 290, 1285, 1307, 1520, 1521
 Boiry, F. 221
 Bolte, F. H. 465
 Booth, E. W. 298, 299, 300, 301, 717, 1557
 Boothrayd 454
 Borel 1430
 Borne Tire Valve Co. 458
 Boston Belting Co. 536
 Bourn 1038
 Bradley 1563
 Brandle, H. A. 227
 Brand 38
 Brandt, Hans 423
 Brazier, S. A. 46, 1081, 1555, 1556
 Bredow, A. 1084
 Brennerei und Preß-Hefe-Fabrik Tornesch G. m. b. H. 1564
 Breuil 109, 113, 126, 127, 212
 Brewster & Company 536
 Bridge & Co., David 205
 British Dyestuff Corp. 1540
 British Rubber Manufacturers Association, 1146
 Brixey, W. R. 1303
 Brockedon, W. 1081
 Brown, A. T. 449, 473
 Bruni, G. 1432, 1521, 1543
 Bruson, H. A. 799, 1519, 1574, 1597
 Buchanan, R. 466
 Budde 57, 799, 802, 1302
 Bunker, W. J. 465
 Bunschoten 1520
 Burckhardt 31
 Bureau of Standards 113, 131, 764, 1394, 1395, 1396, 1397
 Burghardt 1551
 Burkard 1568
 Burlew 1426
 Burnbridge, W. N. 279, 409, 411, 413, 414
 Busenberg, E. B. 413
 Busse, W. T. 309, 800, 1516
 Bussen 1554
 Byam, S. G. 784
 Bysow 1074

- C
 Cadwell, S. M. 1518, 1548
 Callo 46
 Calmon A.G., A. 1062
 Calvert, W. C. 1597
 Cany 283
 Carbo - Norrit - Union 827,
 828, 829
 Carborundum Co. 1422,
 1423, 1424, 1428, 1429
 Care, 348
 Carmont 536
 Carpenter, A. W. 252,
 264, 267
 Carpmeal 1537
 Carrington, I. H. 1432,
 1440
 Carry, C. 466
 Carson 306, 309, 314,
 1396, 1398
 Carty, I. E. Mc. 339
 Chancel 32, 39, 40
 Chapman, C. T. H. 1187,
 1189
 Charlevoix, H. de 1081
 Chemical Catalogue Co.
 1431
 Cheminova, Gesellschaft
 zur Verwendung che-
 mischer Verfahren 821
 Chem. Fabriken vorm.
 Friedr. Bayer 44, 826
 Chemisches Laboratorium
 für Tonindustrie 124
 Christiansen 48
 Chrysler 654, 655
 Church, H. F. 1132, 1133,
 1136
 Cillard 113, 127
 Clark, G. H. 466, 1429
 Clark, E. H. 1028
 Clark, M. C. 1080
 Clark Cycle Co. 458
 Clement 457
 Clements, R. G. H. 1190
 Cockburn 1038
 Collatz & Co. 77
 Comstock, H. 465
 Continental Caoutchouc
 Co. 472, 612
 Coolidge 46
 Cooper, L. V. 278, 280
 Cope, M. H. 98, 112, 211,
 1527
 Cornic, Y. 1118
 Cosler, V. A. 249
 Cotton, F. H. 222, 224,
 235, 237, 258, 262, 308,
 309, 800, 1516
 Cousins, E. 339
 Cow, P. B. 1082
 Cowen, R. 466
 Cox 868, 869, 872
 Crafts 1574
 Craig, D. 1540
 Crawford, R. S. 466
 Croakmann, E. G. 225,
 290, 425
 Crowdes, G. E. 1527
 Curtis 288, 1282, 1284,
 1285
 Czernasty, G. 1349
- D
 Daft, T. B. 1337
 Dalén 108, 109
 Darracq 457
 Dartex A.G. 1128, 1564
 Davey, W. S. 234, 291,
 754, 760, 1524
 Davies, C. C. 250, 257,
 281, 282, 1429
 Davis, E. W. 1527, 1543
 Davis, I. E. 98, 99, 286,
 298, 299, 665, 734, 766,
 1306, 1548, 1549
 Dawson, T. R. 230, 761,
 1541
 Day, A.G. 1303
 Daynes 125, 291, 753, 761,
 762
 Decker 98, 1519, 1523,
 1533, 1551, 1552
 Defries 1095, 1096, 1099,
 1100, 1102, 1107, 1110
 Delaloe 113
 Denton, G. P. 1113
 Depew, H. A. 220, 234,
 243, 246, 249, 264, 285,
 297
 Deseniss 1564
 De Trey Ges. m. b. H.
 1409, 1410, 1411, 1412
 Deutsche Oelfabrik Dr.
 Grandel & Co., Ham-
 burg 379
 Deutsche Waggonfabrik
 A.G. Uerdingen 611
 Dewar 764
 Dey 1561
 Diamond Tire and Rub-
 ber Co. 44
 Dieterich, E. O. 281, 282,
 706, 793
 Dietzel, H. 679, 681, 1327,
 1332, 1333
 Digby, P. 1186
 Dinglinger, O. 382
 Dinsmore, R. P. 240, 241,
 261, 265, 282, 283, 413,
 447, 577, 608, 612, 613,
 1539, 1546
 Ditmar, R. 31, 212, 276,
 379, 382, 404, 749, 775,
 799, 801, 1355, 1356,
 1485, 1538, 1599
 Doolittle, I. R. 494
 Dorey 116, 211
 Dorogi, St. 907, 921
 Dorr, G. W. 466
 Doughty, H. I. 464, 466,
 1079
 Draemann, M. 1209
 Drakeley, I. T. 229, 232,
 290
 Drechsler 1028
 Driscoll, J. 1359
 Drogin 31
 Dubosc 388 392, 393
 1087, 1093, 1097, 1098,
 1100, 1102
 Ducasble 541
 Dufraisie, Ch. 48, 98, 1517,
 1539, 1541
 Dunker, H. C. L. 1080
 Dunlop, J. B. 449, 467,
 468, 473, 475, 871
 Dunlop Rubber Co. 450,
 451, 456, 478, 893, 1118,
 1125
 Dunsheath, P. 289
 du Pont de Nemours E. J.
 Inc. 46, 208, 436, 1076,
 1098, 1432, 1443
 Dykstra, H. B. 1305
- E
 Easley, M. K. 260, 402
 Eccle 841
 Eck, L. 1561
 Eder 35
 Edison 1275
 Edwards 753, 762, 763
 Eide, A. E. 402
 Eirich, G. 1446
 Ellinwood, A. E. 526
 Ellis, C. 1563
 Emden, Friedrich 412, 577
 Emka 1481
 Emley 751
 Endres, H. 219, 221
 Engelke, C. 1046, 1047
 Engelhardt, A. 805
 Engelhardt 1561
 Engler, C. 21, 25, 26, 49,
 1517
 Ephraim, 19
 Ermolajeff 225
 Esch, W. 258, 263, 379,
 407, 408, 1534, 1538,
 1539
 Estelow, R. K. 229

- Evans, B. B. 128, 221, 258, 268, 714, 734, 1530
 Evans, W. W. 1542
 Evers, F. 1275, 1568, 1569, 1573
 Expanded Rubber Co. 1112, 1113, 1115
- F**
 Fabrizieff 283
 Farberow 319, 321, 339, 341
 Farmer, I. M. 466
 Farrel - Birmingham Co. 205, 1381
 Feldhaus 1084
 Ferguson 752
 Feuchter 1598
 Fickenday 1518
 Fickenscher, H. 1521
 Finn, S. J. 1027, 1066
 Fischer, A. 208, 749, 808
 Fisher, H. L. 1577, 1578, 1593, 1594, 1596
 Flower 46, 270
 Flueß, H. A. 466
 Fol, I. G. 1564
 Follansbee, E. M. 257
 Follows & Bates 1446
 Formanek 35
 Forster, F. 1082
 Forsyth, I. B. 467
 Fourcroy, A. F. 1561
 Fowler, N. C. 590
 France, de 239, 252, 264, 306
 Frank, F. 1, 5, 21, 27, 31, 40, 41, 42, 54, 61, 65, 66, 68, 78, 80, 81, 87, 98, 101, 108, 380, 385, 401, 712, 1530, 1533
 Freedlander 1095
 French, I. T. 466
 Frenzel 764
 Fresenius 38
 Freundlich, H. 48, 1514
 Friedel 1574
 Fritschi 1569
 Fritschau 1428
 Fritz, H. E. 297
 Fröhlich, A. 431
 Fromandi, G. 1585, 1586
 Fry 1515
 Füllsack, L. 434
 Fuller, M. C. 536
 Füller, J. 1321
 Fuwa 752, 761, 1537
- G**
 Gabor, F. 907, 912
 Gaisman, L. 1183, 1187
 Galdwell 579
 Gallie 231
 Galvin, T. 466
 Gammeter, I. R. 525
 Gardner & Sons, W. 205
 Garner, T. L. 31, 1519, 1541, 1548, 1551
 Garvan, F. P. 1559
 Gauthérie 393
 Geer, W. C. 98, 465, 576, 577, 578, 714, 734, 898, 1306, 1539, 1542, 1559, 1599
 Gehmann 229, 233
 Geiger, E. 1515, 1569, 1572, 1582
 Geisenberger 750
 Gemant 1307
 General Motors 1399, 1400
 Gerbis 806
 Gerngroß 72, 115
 Gerö 5, 61, 66
 Gesellschaft des Echten Naxos-Schmirgels, Naxos-Union-Schmirgel-Dampfwerk 1430
 Gesellschaft für Feinmechanik m. b. H. 113, 126, 127, 1315
 Gesellschaft für technischen Fortschritt 667
 Gladstone 1561, 1562
 Glancy 1521
 Glidden 1028
 Goddu, George 1067
 Goldsborough, H. A. 7, 1117
 Goodrich Co., B. F. 578, 1101, 1105, 1117, 1593, 1596, 1599, 1601
 Goodwin 229, 255, 272, 1095
 Goodyear, Ch. 536, 576, 588, 750, 757, 1073, 1275, 1309, 1470, 1485, 1559
 Goodyear, N. 589, 1309, 1337, 1559
 Goodyear Tire & Rubber Co. 15, 99, 349, 478, 480, 494, 541, 633, 1599
 Gormully & Jeffery Mfg. Co. 452
 Gottlob 410
 Gottschalk 126, 127
 Gow Lectures 327, 1432
 Graefe 70
 Graff, A. 466
 Grammont 376
 Grandel 29
 Grant, A. W. 537
 Grau, O. 1567
 Gray, A. E. 1577
 Gray, C. H. 465, 578, 872, 886
 Green, H. 217, 221
 Greenup, W. H. 1432, 1473
 Greider, H. W. 214, 215, 216, 225, 243, 253, 254, 255, 268, 410
 Grenquist, E. A. 307, 326, 1515, 1516, 1518
 Grey, H. A. 1596, 1589
 Griffith, R. W. 285, 311, 312, 314, 322
 Günther 750
 G. & I. and Diamond Companies 472
 Gutzeit 38
- H**
 Haber 133
 Hadley, C. E. 468
 Hager 38
 Hainbach, O. 412
 Hamel, H. 842
 Hancock, Ch. 1081, 1082, 1083, 1094
 Hancock, Th. 307, 907, 1081, 1309, 1485, 1559
 Haushalter 1132
 Harburger Gummiwarenfabrik Phoenix A.G. 991, 993, 1069
 Hardwick, F. W. 466
 Hardy 656
 Harper 1428
 Harries, C. D. 36, 1513, 1521, 1526, 1568, 1573, 1582, 1587, 1588
 Harrison, A. 1195
 Hartshorne, N. H. 230
 Hasey 1428
 Haskell, C. 885, 890
 Haskell Golf Ball Co. 891
 Haslam 233, 255, 262
 Hauser, E. A. 10, 89, 327, 397, 615, 643, 752, 757, 783, 863, 885, 1081, 1145, 1183, 1415, 1431, 1432, 1445, 1456, 1474, 1481, 1514, 1520, 1521
 Haushalter, F. L. 1525, 1526
 Hawthorn Leslie Co. 618, 620
 Hayn 764
 Heartfield 1082
 Heathcote, Frau J. 863
 Heckmann, C. W. 1323
 Heering, H. 289, 1527

- Heidensohn, W. 128, 130
 Heil 379
 Heinzerling 212
 Hellbronner 578
 Helsingborgs Gummi-fabriks A.B. 843
 Hemptienne, de 1584
 Henriques, Robert 2, 70, 72, 75, 85
 Henriquez 380
 Henry, V. 766
 Herbst 90
 Hermann 115
 Herminghausen G. m. b. H. 1320
 Hertweck, C. 1527
 Hesse, K. 735
 Herzl, Leo 447, 608
 Heurn, van 775, 1515
 Heyn, E. 133
 Hibbert 1561, 1563
 Hill, J. 1038, 1082
 Himmeler, C. 1053
 Hinrichsen 57, 68, 78, 1562, 1568
 Hock, L. 118, 216, 217, 218, 220, 270, 1585
 Hodgekinton 1576
 Hoek, van 404
 Höpler 22
 Hofmann, U 219
 Holde 21, 84
 Hood, G. H. 539, 590
 Hood Rubber Co. 1040
 Hooper 1275
 Hoover, I. R. 297, 350
 Hopkinson, E. 1450, 1563
 Horstmann, Etablissement 1428
 Hübner, J. 57, 208, 1099
 Hübner, G. 1432
 Hünemörder, M. 1456
 Huestis, F. W. 466, 467
 Hungarian Rubber Goods Fact. 931
 Hurtzig 1561, 1563
 Huß, R. W. 465
 Hutchinson, P. W. 1097, 1102
 Hydraulik G. m. b. H. 744
- I, J**
 Iddon, Bros 205
 I. G. Farbenindustrie A.G. 44, 46, 208, 1311, 1312, 1443, 1540, 1564, 1579, 1584
 Imperial Chemical Industries Ltd. 46, 208, 1443
- India Rubber Gutta Percha and Telegraph Co. 893
 Inertia 1397, 1400, 1401
 Ingmanson, I. H. 289, 290, 1285
 International Lawn-Tennis-Federation 863
 Ishiguro, Katsumi 292
 Iterson, van 118
 Iwanoff, A. 1028, 1040
 Jacobs, J. 208
 James, R. G. 1479
 Jaspart 1429
 Jeffery, Th. B. 451, 452, 454, 460, 466, 467, 473
 Jencks, F. B. 467
 Johanson 1419, 1420, 1427
 Johns Manville Corp. 1359, 1365, 1373, 1375, 1378, 1384, 1398, 1399, 1400, 1402, 1403, 1404
 Johnson, D. 125, 448, 525, 791
 Johnson, J. V. 1580
 Jones, M. 109, 110, 127, 211, 246, 285, 294, 1151
 Jones, P. C. 1540
 Jones, W. N. 1574
 Jones, W. A. 1599
- K**
 Kahane 65, 72, 80
 Kallimachos 1251
 Kattwinkel 833
 Katz, M. 225
 Kaufmann 392
 Kappe 1430
 Kaßner, H. 835, 1309
 Kauffmann, H. 1532
 Kausch, D. 831
 Kearsaky 30
 Kearsley, E. P. W. 231, 1301, 1526
 Keemann 1530
 Kehren, 1533
 Keller, T. P. 240
 Kelly, I. P. 469, 473
 Kemp, A. R. 1304, 1518, 1560, 1596
 Kempf 1568
 Kerkhof 799
 Kindscher 57, 68, 101, 1562
 King 1430
 King Mine Thetford 1255
 Kinney & U. S. M. Co., F. D. 1066
- Kirchhof, F. 7, 19, 20, 53, 228, 262, 399, 400, 412, 413, 691, 800, 1513, 1521, 1540, 1541, 1559, 1574, 1577, 1588, 1592
 Kirchner & Co., A.G. 1059
 Kirkwood 1553
 Kitchin, D. W. 288, 289
 Kjedadahl 61, 72
 Klatt 5, 61, 65, 80
 Klein 1432
 Klotz, K. 1435
 Kluckow, P. 19, 53, 397, 434, 1533
 Klugens, M. 1015, 1067, 1069
 Knadler, G. 467
 Knoll 799, 802
 Knowland 1028
 Koch, H. 1034, 1568, 1572
 Kohmann 290, 425
 Koltzner, I. I. 466
 Krämer, G. 17, 27
 Kraemer-Sarnow 24, 33, 56
 Krahl 100, 1549, 1550
 Krall, St. 277, 282, 1549
 Kramer 38
 Krantz 239, 253, 257, 264, 306
 Kratz 46, 270
 Kreisel, Gebr. 966
 Kremer, Ph. 612
 Kreuzler 1302
 Kröger, Martin 15, 16
 Krupp & Co., Friedrich 205, 1327
- L**
 Laisne, H. L. 646
 Lallement, P. 448
 Lambourn, L. I. 252, 253
 Lamplough 1287
 Landolt 1128
 Langbein-Pfannhauser Werke 1334
 Lanigau, A. I. 466
 Laselle, P. A. 1518
 Laigne, I. P. 465
 Laursen 567, 568
 Lawton 868, 869, 872
 Le Chatelier 808
 Lefcaditis 258, 262, 265, 266
 Leigh, I. 468
 Leigh, R. A. 590
 Lemme 11
 Lewis, A. R. 297
 Lewis, F. 1531
 Lewis Kelemen 931
 Leyendecker, P. 982, 983

- Leyland & Birmingham Rubber Co. Ltd. 1145, 1178
 Linde 62
 Lindemann, H. 1093, 1097, 1102, 1118
 Lister 674
 Lockheed, System 1377
 Lodge, J. E. 1287
 Löwe 133
 Loewen, H. 1520
 Lohmann 810
 Lotte, P. 1541
 Lowell, Saco 1380
 Lowry 290, 425
 Lüdersdorff 1561
 Lüneburger Eisen- und Emaillierwerke A.G. 1060
 Long, A. A. 466
 Luff 47
 Lunge 5, 16, 17, 21, 24, 27, 29, 36, 52, 57, 74, 84, 90, 379
 Lungren, C. M. 473
 Lum 214, 216, 219
- M**
 Macadam 1183
 Macbeth, Colin 137, 615, 643, 651, 667, 893
 Mc Cune, I. B. 465
 McDowell, R. W. H. 468
 Mc Gavac 1562
 Macintosh & Co., Ch. 448, 536, 969
 Mac Kay, J. M. 247
 Mackenzie, J. 1185
 Mc Pherson 288, 1282, 1284
 Magurier 448
 Mahlman, O. L. 1415
 Mai 122
 Mallison 21
 Manasse 78
 Manders 208
 Manegold 1126
 Mann, W. B. 466
 Mannesmann-Röhrenwerke 1566
 Mansfield, Ch. 1330, 1334
 Marchionna, F. 1432
 Marckwald, Dr. E. 21, 40, 41, 54, 68, 78, 87, 108, 380, 385, 712
 Marconnet, J. 783
 Marcusson 17, 23, 34
 Marks, A. Hudson 359, 577
 Marshall, C. L. 1112
 Martens 101, 122
 Martin, G. 234, 281, 283, 1514, 1519
 Martin, H. C. 1422, 1423, 1429
 Martin, P. A. 886
 Martini & Hüneke 815, 821, 823
 Marzetti 306
 Maske 1128
 Mason, F. H. 454, 466
 Mason, I. W. V. 1080
 Matulke, O. 1592
 Mauermann 1566
 Maxwell 532
 Mayall 1428
 Mazetti 1543
 Mead, M. W. 1518
 Mease & Hanna 79
 Mecklenburg 31
 Meeh, E. 1332, 1334
 Memmler 47, 57, 67, 69, 80, 98, 101, 102, 109, 113, 118, 119, 120, 123, 126, 127, 128, 131, 132, 800, 803, 1437
 Mendleberg 753
 Mercedes 656
 Mercier, P. 466
 Merz, O. 1527, 1528, 1538, 1550
 Metallgesellschaft A.G. 1128
 Metzeler & Co. 539, 590
 Meyden, H. van der 230
 Meyer, Ed. 843
 Meyer, O. P. 1309, 1328
 Meyerheim 135
 Michelin 456, 457, 468, 492, 506, 508, 608, 637, 749
 Midland 1377
 Miller, C. E. 525
 Miller, G. W. 229
 Minor 1537
 Mnovkin, N. M. 1305
 Moenus A.G. 1017, 1071
 Moffat, G. D. 465
 Monsanto Chem. Works 46, 1076
 Montgomery, John I. 362, 364
 Mooney, I. G. 450, 467
 Moor 320
 Moore, R. L. 243
 Morgan, F. W. 455, 467, 468
 Morgan & Wright Co. 461, 552
 Morris, I. R. 465, 752, 754, 762
 Morris, T. C. 217, 229, 233
 Morris, V. N. 291, 1432, 1473, 1537
 Morse 579, 802
 Mosely, I. 465
 Motzkus 66
 Moureu, Ch. 48, 98, 1517, 1530, 1539, 1541
 Muck 30
 Münzinger, W. 767
 Murphy, I. A. 466, 1503
 Muspratt 24, 27
- N**
 Nairne, E. 669
 Nall 559
 National Physical Laboratory of England 765, 1115, 1186
 Naugatuck Chem. Corp. 46, 208, 1540
 Naunton, W. J. S. 294, 1541
 Neal, A. M. 1537
 Nelson 1424, 1425, 1429
 Nernst 1585
 New Eccles Rubber Works Ltd. 843
 New Jersey Zinc Comp. 235, 1542
 Newkirch, I. R. 465
 Newman, Harry W. 347, 351
 New York Belting and Packing Co. 458
 New York—Hamburger Gummi-Comp. 1564, 1567
 Nielsen 999, 1564
 Nielsen Company, A.G. 329
 Niewland, J. A. 1305
 Nordlander, B. W. 1520
 Norris, W. 281, 577, 1076, 1095
 North, C. O. 214, 268, 410, 1538
 North British Rubber Co. 451
 Norton Co. 1419, 1420, 1422
 Nucklés 376
- O**
 Obach 53, 54, 55, 56
 Oenslager, G. 44, 45, 577
 O'Gorman, M. 1186
 Ohya, T. 291, 754, 760
 Onazote, 1112, 1115
 Oon 1521

- Ostromyslenski 37, 1520, 1563, 1577
 Ostwald, W. 7, 1517
 Overman 613
 d'Ovideo y Valdez, G. F. 1081
 Oxford University Press 1432
- P**
 Paal 1568
 Pahl, H. 44, 212, 1251
 Paillard & Benoit 905
 Palmer, I. F. 229, 454, 465, 471, 473
 Palmerton 235
 Paquier 763
 Paramount Rubber Co. 840
 Park, C. R. 30, 229, 231, 255, 272, 309, 1514, 1545, 1547
 Parkes 376
 Parkinson, D. 222, 230
 Patrick, J. C. 1305
 Patterson, P. D. 466, 1431
 Pausanius 1251
 Pavlenko 1537
 Peachey, St. I. 1517, 1562, 1563
 Pearson, H. C. 69, 465, 494, 524, 581
 Pelizzola 1539
 Pensky-Martens 22, 23
 Peritor, F. 1084
 Perkin 1576
 Perry, F. H. 466
 Perry, W. J. 885
 Peterfi 229
 Peters & Rost, 88
 Pfelemer, P. 1112, 1113
 Phelps, L. D. 465
 Philpott, M. 229, 282
 Phoenix A.G. 991, 993, 1069
 Pickering 753, 762, 763
 Pickett, E. F. 458
 Pickles, S. S. 1536
 Picot, L. 457, 468
 Pieck, Dr. Marianne V
 Pierer, Schoen & Zoon, N. V. 1567
 Piggons, L. K. 466
 Pirelli 613
 Pixkett, E. F. 468
 Platten, E. L. 1028
 Plinius 1251
 Plumb, I. S. 407
 Plummer, W. B. 255
 Pneumatic Tube Steam Splicer Company 570
- Pohle, H. 403, 404
 Poiseuilles 22
 Poix, F. de, 1085, 1097, 1102
 Poix, H. de 1085, 1097, 1102
 Polbrook, A. 467
 Pollett 229, 232
 Polley, H. R. 1066
 Pope, Albert 454
 Porrit, B. D. 1515, 1522, 1530, 1554
 Porter 1424, 1425, 1429
 Post 90
 Poussey 1151
 Praetorius 416
 Pratt, W. B. 1118, 1429
 Prestwich, R. D. 310
 Preuße 31
 Priestley 669, 1459
 Prior, M. 466
 Prior, T. W. 466
 Provodnik 1038, 1040, 1084
 Pummerer 1568, 1569, 1572, 1578, 1586
 Pusey 127
- Q**
 Quartley, C. R. 419
 Quensell 1562
 Quimby, E. E. 452, 467
- R**
 Rabald 1341
 Radzciewanowski 1573
 Ramsbottom 765
 Rathbun, I. B. 450, 467
 Rausch, E. 137
 Rauser, A. 681
 Reece, W. H. 246, 1145
 Reed, M. C. 266
 Rehmenklau, R. W. O. 466
 Reidl 67
 Reiner, St. 398
 Renard 763
 Research Association of British Rubber Manufacturers 1432
 Reuter 7, 31
 Reuthinger, G. 612
 Revertex Ltd. 1125
 Rice, C. D. 473
 Richardson, E. G. 808
 Rider 839
 Rieche, H. 1517
 Riley 934
 Rimpel, H. 258
 Ritchie 753
 Roberts, F. Th. 844, 874, 876, 930, 940, 1427
- Robinson & Co., Joseph 205
 Robinson & Co., Thomas 205
 Rochelder 376
 Rogers, H. 1081
 Rohlin 810
 Rojahn 795
 Romburgh, van 54, 55
 Rosendahl, F. 1565
 Rosenfeld, R. H. 844, 874, 876
 Rosenhain 764
 Rossem, A. van 38, 98, 99, 230, 1514, 1515, 1519, 1520, 1523, 1524, 1526, 1529, 1530, 1533, 1549, 1551, 1552, 1559, 1577, 1579
 Roth, G. H. 468
 Roussin 376
 Rothe 64, 81
 Ravley, Th. 576
 Roxburgh 1561
 Rubber Growers Association 642, 667, 1431
 Rubber Latex Research Corp. 1429
 Rubber Regenerating Co. 46
 Rubber Roadway Ltd. 1186
 Rubber Service Laboratory Co. 46, 208, 671
 Rud, I. 43
 Rudeloff 132
 Russ 750
 Rüssel 1429, 1530
- S**
 Saladini 66
 Samson 750
 Sander, A. 809
 Sanders, W. P. 407
 Sanderson, C. W. 253, 256, 407
 Sandt-Raab A.G. 1014
 Sargisson 264, 267
 Sauerbron, von 448
 Schabanowa 283
 Schaefer 72
 Scharf, C. W. 289, 1285
 Schatzel, R. A. 1275
 Schidrowitz, P. 7, 70, 219, 229, 269, 282, 309, 323, 750, 757, 1117
 Schifferdecker 1446
 Schilde, B. 722
 Schill 759
 Schippel, H. F. 221
 Schirm, H. 814, 956, 957

- Schläpfer 1584
 Schlobach 1554
 Schmatolla 799
 Schmelkes 47
 Schmidt 749
 Schob 98, 101, 103, 109,
 112, 113, 115, 118, 119,
 122, 132
 Schön & Cie. A.G. 1070
 Schoenfeld 221, 338
 Scholz, P. 1435
 Schopper, L. 90, 101, 106,
 107, 108, 109, 111, 114,
 126, 131, 134, 135, 211,
 1314
 Schrader, G. H. I. 458,
 468, 573
 Schramm 1315, 1576
 Schreiber, G. A. 667, 736
 Schröder, W. 1066
 Schützenberger 1561
 Schulze, Dr. E. 382
 Schumacher 752
 Schwartz 1134
 Scott, I. R. 1522
 Scott, M. D. 211, 241,
 288, 291, 306, 494
 Seabury 791
 Sebrell, L. B. 309, 799,
 1514, 1597
 Seeds 1280
 Seiberling, F. A. 526
 Seidl, E. 44, 1535
 Semperitwerke 609
 Sewering 809
 Shacklock, C. W. 1516
 Shakespeare 763
 Shaw, A. B. 67, 466
 Shaw, E. C. 522
 Shaw & Co., Francis 205
 Shepard, N. A. 229, 720
 Sheppard 240
 Shoaff 315, 323, 329
 Shore 340
 Shrewsbury Cab Co. 536
 Shrewsbury & Talbot Noi-
 seless Tire & Cab Co.
 536
 Shukoff 25, 34
 Shurtleff, A. M. 468
 Siebner, H. 19, 53, 1533
 Siemens 802
 Siemens & Halske 1053,
 1568
 Siempelkamp & Co., G.
 743, 744
 Silica Gel G. m. b. H.
 832, 833
 Silver & Co. 1337
 Silvertown Company 885,
 901
 Sims, D. P. 466
 Sivoie, de 448
 Skinner 290
 Skita 1568
 Slager 1427
 Slazengers Ltd. 863
 Sloper 467
 Smith, A. H. 295, 1539,
 1548
 Smith, W. F. 294
 Snow, W. D. 466
 Soc. Anon. des Matières
 Colorantes et Produits
 chimiques, St. Denis
 208, 1443
 Soc. de Paris et du Rhône
 1429
 Soc. de Recherches et
 d'Exploitations Petroli-
 fères 832
 Société Française du Ca-
 outchouc mousse 1113
 Society of Automotive
 Engineers 1394
 Somerville, A. A. 98, 99,
 112, 211, 729, 579, 1302,
 1527, 1550, 1557
 Southern Railway 588
 Spalding 876
 Sparrow, Th. 448
 Spear, E. B. 219, 223,
 243, 320
 Spence, D. 44, 45, 1518
 Speter, M. 669
 Spilker 27
 Spitz-Hönig 29, 72, 84
 Springfield 313
 Sproull 125
 Stacy M. E. 467
 Stamberger, P. 285, 1432,
 1516
 Stanley, I. 448, 886
 Staudinger, H. 7, 1513,
 1514, 1515, 1520, 1569,
 1572, 1573, 1579, 1587,
 1589, 1591
 Stein, Jacob 940
 Steinitzer 754
 Stevart 109, 125
 Stevens, H. P. 10, 864,
 1142, 1143, 1431, 1537,
 1556
 Stevens, W. 1431
 Stevenson 1559
 Stillman, G. F. 449, 451,
 467, 473
 Stoll, L. 720
 Strauß, A. 468
 Street, J. N. 231, 240, 291,
 720, 762
 Street, L. N. 1537
 Sulke 1508
 Sulzberger 802
 Surcouf 763
 Sutton 808
 Swinehart & Byrider 537
 Swisher, D. W. 407
 Szolnoki, J. 1532
 T
 Taylor, R. L. 289, 1285
 Teague, C. 1563
 Temple, J. W. 1518
 Terry, H. L. 907
 Tetirkin 1557
 Tew, I. D. 525
 Thal 87
 Thatcher, E. R. 467
 Theis, H. W. 466
 Tagliabue Mfg. Co. C. J.
 1051
 Talalay, A. 207
 Talalay, J. 32, 92, 127, 130,
 207, 267, 269, 427, 428,
 669, 683, 991, 1041, 1043,
 1048, 1053, 1054, 1057,
 1526
 Talen, H. W. 1524, 1549
 Thiele, H. 953, 969
 Thies, R. H. 235, 284, 579
 Thiokol Corp. 1434
 Thiollet, R. 234, 283
 Thomas, A. W. 465
 Thompson, R. 475, 573
 Thompson, W. 473
 Thoms 793, 798, 801
 Thomson, R. W. 449, 453,
 457, 473, 1531
 Thropp, P. D. 523
 Tillinghast, P. W. 453,
 454, 455, 466
 Tillinghast Tire Associa-
 tion 456
 Tiltmann, A. H. 1554
 Tire Co., G. & I. 454
 Tire and Rim Association
 490, 492
 Torrey 208
 Traun, H. 1561
 Treadwell, W. D. 33
 Trenholme, A. K. 467
 Trendelenburg 219
 Treugolnik 1037, 1040,
 1084
 Trobridge 1432
 Tromp de Haas 55
 Tronson 252
 Tropowitz, O. 791, 801
 Tschirch 801
 Turnbull 466
 Turner, H. 268, 270 1074
 Tuttle und Jurow 57

- Twiss, D. F. 46, 216, 231,
 1091, 1432, 1448, 1577
 Twitchell 74
 Tyer, H. G. 588
 Tyler 559
- U**
- Ubbelohde 21, 22, 23, 24,
 25, 26
 Ungarische Gummiwaren-
 fabrik A.G. 844
 Union Deutsche Verlags-
 gesellschaft 1439
 United Shoe Machinery
 Corp. 1021, 1022, 1027,
 1034, 1035, 1066, 1067,
 1070
 United States Bureau of
 Standards 1132, 1134
 United States Govern-
 ment 1394
 Unna, P. G. 791
 Untied 1125
- V**
- Valenta 35
 Vanderbilt Co., R. T. 123,
 208, 1540
 Vellinger, E. 223
 Venable 752, 754, 761,
 1537
 Verband deutscher Elek-
 trotechniker 1313
 Vereinigte Gummiwaren-
 fabriken Harburg—Wien
 750
 Vereinigtes Ing.-Büro Pa-
 pisch, Reiß & Christ G.
 m. b. H. 423
 Veritas Gummiwerke A.G.
 539
- Vogt, W. W. 221, 240,
 252, 255, 265, 268, 282,
 316, 577, 799, 1519, 1548
 Volhard 67
 Vossen, E. 1337
 Vries, de 7, 12, 1514, 1515,
 1519
- W**
- Waentig 1553
 Wall, I. H. 1033, 1034
 Warburg, O. 1532
 Warner, R. M. 339
 Warren 1432, 1440
 Wattles, J. 578
 Wavelet 751, 757, 758,
 766
 Weber, C. 2, 40, 44, 57,
 59, 76, 97, 113, 350, 357,
 576, 1074, 1513, 1551
 Webster, D. M. 1419, 1420,
 1422, 1423, 1426, 1427,
 1522
 Weise 115
 Weißberg, I. 1517
 Welbsley 1118
 Welch, Ch. K. 449, 450,
 451, 452, 467, 473
 Wellman Company 1018
 Werner, P. 423, 431, 439,
 443, 808, 1001, 1011
 Werner & Pfeiderer 164,
 205, 998, 1216
 Wescott 1421, 1422, 1427
 Whitby, St. 225, 1074,
 1519, 1577
 White, W. L. 296
 Widmer 1573, 1583
 Wiegand, W. B. 211, 213,
 214, 217, 227, 236, 265,
 289, 317, 693
- Wieland, H. 1517
 Wiens, G. 615
 Wijs 1560, 1596
 Wildermann, M. 1130,
 1324, 1341
 Williams 273, 274, 275,
 304, 1524, 1530, 1537
 Williams, R. S. 466
 Willstätter 1568
 Wilm, D. 219
 Winkelmann, H. A. 225,
 290, 413, 425, 578, 1081,
 1574, 1599
 Winogradski 1040
 Wolcott 839
 Wolesensky 65
 Wolf, H. 20, 1445, 1521
 Wolfenstein 97
 Wood, H. A. 468, 1539
 Woodward, C. E. 465
 Wright, R. 455, 467, 1521
 Wurm, E. 98, 99, 404, 689,
 755, 759, 761, 765, 766,
 953, 969, 979, 1047, 1508,
 1527, 1528, 1531
 Wurtz 1561
 Wurtzel 133, 134
 Wyman, A. F. 465
- X, Y**
- Yost, I. L. 468
- Z**
- Zanetti, J. E. 1559
 Zangger 806
 Ziegler 1538
 Ziegner, H. 1130
 Zimmermann, A. O. 1546
 Zimmermann, E. C. 128,
 258, 278, 280, 329, 1091
 Zoltan Keleti 931

SACHREGISTER

- A**
- Abfälle 673
 — unvulkanisierte 343
- Abfall-Altgummi, Weltausfuhr von 347
- Abietinsäure, Oxy- 414
- Abnutzungs-festigkeit 236
 — maschine, Akron Standard Mold 255
 — — Williams (Grasselli) 255
 — messer Du Pont (Williams) 251
 — prüfung nach Spronl-Evans 252
 — verlust von Rußmischungen 256
 — widerstand 248
 — — als Funktion des Füllstoffgehalts 254
 — — von Widerstandsenergie und Härte 255
- Abriebs, Prüfmaschine zur Bestimmung des 1401
- Absätze 419
- Abschleifversuche 122
- Absorptions-Verfahren 819
- Acetylenruß 229
- Acetylierungsmethode 82
- Achsbuchse und Ausgleichgestänge, Gummiisolierung zwischen 631
 — und Feder, Gummiisiolierte 630
- Achsbuchs-Isolierung 632
- Achsenbewegung 548
- Acidseal 1601
- Acrolein 1518
- Acrylsäure 1518
- Adams-Abfederung, Neue 648
 — -Suspension 646
- Adhäsion 669
- Adsorption, Rückgewinnung des Lösungsmittels durch 1272
 — -Verfahren 825
- Aethyldenaniline 241
- A-Funktion 215
- Agerit 413
- Aggregationsgrad von Kautschuk 1519
- Airwheel-Bereifung, Traktor mit 505
 — reifen 472
- Akkumulatoren-kasten 1320
 — — presse 1321
 — scheider aus Schwammgummi 1131
- Aktiv-Kohle 825
 — zum Absorbieren 1272
 — mit Lösemittel, Beladbarkeit von 825
- Aldehyd-amine 1538
 — — schnelle 241
 — ammoniak 241
- Aldol- und -Naphthylamin 400
- Alkalien 11, 62
- Alkali-schläuche 424
 — verfahren 359
 — — Vorteile des 361
- Allen-skiving-Maschine 568
- Alterung 240
 — in der Bombe 1547
 — unter Dehnung 1555
 — gewebehaltiger Vulkanisate 1553
 — des Kautschuks 1513
 — im Ofen 1547
 — des Schwammkautschuks 1142
 — durch ultraviolettes Licht der Analysen-Quarzlampe 100
 — unter Wärmewirkung 1556
- Alterungs-eigenschaften der mit Erweichungsmittel hergestellten Lösungen 279
 — erscheinungen bei Kautschuk 1513
 — methoden, Beschleunigte 1542
 — prüfung mit Hilfe von Ultravioletlicht, Beschleunigte 1549
 — — nach Bierer und Davis 99
 — — — Geer 98
 — — von Kautschukerzeugnissen, spezielle Methoden der 1553
 — — — Vulkanisaten, chemisch-analytische 1551
 — schutz von Kautschukartikeln 1536
 — schutzmittel 48, 400, 674
 — — — Hitzebeständigkeit und 301
 — — — Künstliche, chemische 1538
 — verfahren der Gummiwaren 97
- Altkautschuk-markt 347
 — -Zerkleinerungsraum 356
- Altstoffe, einlagefrei 367
- ambre flottant 377
- Amidophenole 1538
- Amine 1538
- Ammoniak 11
 — beständigkeit 91
- Amphibol 1251
- Analysen-gang 58, 59
 — — Tabellen für den 60
 — werte, Interpretation der 85
- Anbrennen in füllstoffarmer und in stark gefüllter Mischung 282
- Anhydridbildung 1523
- Anilin 62
- Anteile, wasserlösliche 6
- Anti-ager 1538
 — oxydantien 48
 — oxydants 1538
 — oxydationsmittel 578
 — oxygene 1538, 1539
 — scorcher 405
 — softeners 280

- Antriebssystem (d. Banbury-Mischer) 167
 Apparat nach P. Breuil 117
 Arbeits-bändern, Konstruktion von 1028
 — weise von Grote und Krekeler 66
 Armblätter 979
 Armorite 1601
 Artikulator 1411
 Asbest 1251
 Asbest, Willow Type, Zum Aufschließen 1382
 — fasern 1364
 — — Imprägnierung loser 1365
 — — Öffnen der 1265
 — gewebe, Faltmaschine für 1373
 — — Schneidmaschine 1373
 — krepel 1267, 1268
 — -Lagerstätten in Kanada 1251
 — mine, Gesamtansicht einer 1254
 — sorten, Prüfung der 1265
 — tuch 1369
 Aschenbestimmung und qualitative Analyse der mineralischen Aufbaustoffe 62
 Asphalte 33
 Aufbaustoffe, pulverförmige, mineralische 14
 Aufblas-ball, Füllschlauch 855
 — — aus vier und mehr Platten 911
 — — Schweißstanzen eines vierteiligen 855
 — figuren 911
 — ventils, Anlagerung des 1480
 Aufhängung, blechummantelte 654
 Ausgangsstoffe, Vorbehandlung der 355
 Ausgleichgestänge, Gummiisolierung, zwischen Achsbuchse und 631
 — — — Federgrundfläche und 631
 Auspuff-rohres, Befestigung des 651
 — topfes, Befestigung des 651
 Ausströmungsmethode 278
 Autex 1433
 Autodecken nach vereinigten Verfahren, Verarbeitung von 371
 Autofelgen drop center 450
 Autogenschläuche 430
 — Herstellung 424
 Automobilbau, Gummi im 643
 — — — Abschluß eines Steuerhebels durch Gummi 661
 — — — Abstützung am Kardangelen 655
 — — — des Schaltrohres bei Frontantrieb 660
 — — — Aufhängung der Differentiale 653
 — — — für 4-Zyl.-Dieselmotoren
 — — — — horizontal liegender Zweitaktmotoren 653
 Automobilbau, Bremssysteme mit Bau-denzügen 658
 — — — Bremswirkung 658
 — — — Drehmoment des Motors 654
 — — — Gelenke der Bremsgestänge 658
 — — — Getriebe 654
 — — — Gummimanschetten 658
 — — — Hardyscheiben 657
 — — — Kaltklebeverfahren 658
 — — — Kontakt, metallischer 644
 — — — Kraft, schwebende 654
 — — — Kraftübertragungsanlage 656
 — — — Kupplungen 647
 — — — Lagerung der Steuersäule 660
 — — — — der Bremsgestänge 658
 — — — Lichtkabel 666
 — — — Lichtmaschinen 647
 — — — Lockheed - Bremse, System der 658
 — — — Mischungen 666
 — — — Puffermaterial 656
 — — — Rollverdeck 666
 — — — Schwerpunkt des Motors 654
 — — — Schwungrad 654
 — — — Sonnenverdeck 666
 — — — Standardvorschriften 666
 — — — Tachometerverbindungen 661
 — — — Verbindung für Kraftübertragungsaggregate 657
 — — — Zündkabel 666
 — — — Zündkerzenstecker 666
 Automobil-Bremssystem, Prüfmaschine zur Belagsprüfung 1402
 — reifen, Entwicklung des 468
 — sitzen, Absorption der Vibration bei 1140
 Azeton, Extraktion mit 70
- B**
- Bade-artikel, konfektionierte 979
 — hauben 689, 979
 — schuhe 979
 Badvulkanisation 711
 Balata 56, 1513
 — artiges Umwandlungsprodukt 1595
 — harz 414
 Bälle 934
 — aufblasbare 835, 854, 911
 — bunte 835
 — Dekorieren der 847
 — die Entstehung 863
 — normale Anordnung der Nähte an handgenähten Bällen 837
 — mit einer Naht, mit Maschine hergestellte 872
 — mit versetzten Nähten, Handgemachte 837
 — pfropfenlose 870
 — poröse 910
 — Standardisierung und Prüfung 863

- Bälle, verklebte 865
 Ball-hälften, Vorpressen der 838
 — — Zusammenschweißen der 839
 — hüllen 911
 — — Flächenelemente für genähte 856
 — — aus vier oder mehr Platten für Doppelbälle 911
 — kitt 847
 — maschine der Helsingborgs Gummifabriks A.B., 843
 — malerei, Drehscheibe für 849
 — seelen 911
 — — aus zwei oder mehr Platten 911
 — vulkanisierformen 845
 — vulkanisierung 844
 — — Dunlop-Konstruktion 844
 — — handgemachte Naht 845
 — — Hohl-nadel 846
 Ballen, Zerteilen der 139
 — schneidemaschine, Beschickung und Entleerung 140
 — schneider 139
 — — horizontaler 140, 141
 — — hydraulischer 140
 — transport 138
 Ballon-hüllen 749
 — — Die Konservierung von 764
 — reifen 458, 472
 — stoff 749
 — — Anzahl der Striche 756
 — — Auftrag der flüssigen Schichten 756
 — — Ausgangsgewebe 750
 — — Bepudern 756
 — — Bestimmung der Gasdurchlässigkeit 132
 — — Diffusion 762
 — — Dublieren 758
 — — Durchdringung 762
 — — „Explorer“ 764
 — — Gummierung 756
 — — Kalandrieren 758
 — — Kaltvulkanisation 759
 — — Kontrollversuche an 761
 — — Latex, Anwendung von 757
 — — Mischung 756
 — — Schicht, Dicke der 753
 — — Schrägschneider 758
 — — Trocknung 756
 — — Warmvulkanisation 760
 — Tires 458
 Ballventil 458
 Balsam sulfuri 376
 Banbury, Bemerkungen über 173
 Banbury-Mischer 164
 Band-messer 1015
 — stuhl 1223
 — weber 1209
 Banker & Baker Cushion Tire 540
 Barak 1445, 1521
 Batteriekästen 666
 — Hydraulische Presse zur Herstellung von 1321
 Baumwoll-saatöl 671
 — sorten und ihr Vorkommen, Verschiedene 591
 Beckmann-Gummi 644
 Beförderung, mechanische, des durchfallenden Pulvers 162
 Beharrungsmaschine 1403
 Bekleidung von Metallen 1353
 Belag, biegsamer, geformter 1385
 Belastbarkeit von Paraffinöl für Benzindampf aus Luft 820
 Beleuchtung, Anwendung des Gummis bei 616
 Belladonna-pflaster 798
 Bentonit 1393
 Benzin 49
 — dampf aus Luft, Beladbarkeit von Paraffinöl für 820
 — schläuche 430
 — tanklagerung mittels Silent-Bloc-Elementes 649
 Benzole 50
 Berlin-Frankfurter Cushion 541
 Berstdruckprüfer von Schopper 134
 Beschleuniger 44, 240, 576, 673
 — Einwirkung gewisser 403
 — Hitzebeständigkeit und 301
 — auf die Schwammstruktur, Einfluß verschiedener 1089
 — Scorching-Tendenz einiger 282
 — Vulkanisationsdiagramme für Mischungen mit organischen 1077
 Beständigkeit gegen Öle 291
 — — organische Lösungsmittel 291
 Bestandteile in Azeton lösliche 7
 Bestimmungsmethoden, Besondere 80
 Betonblockeinheit, Verlegung der Kautschuk- 1203
 Betonunterlage, Formen auf die 1201
 Betriebskontrolle 732
 — laboratorium, analytische Prüfung des Latex im 10
 Bett-einlagen 689
 — stoffe 724
 Biascutter 194
 Biegeprobe 1314
 Bierer u. Davis, Prüfverfahren 1543
 Bierschläuche 409, 430
 Bindemittel, Kautschuk als 1415
 Birnspritzenbälle 857, 858
 Biß-löffel mit Kieferabdruck 1409
 — wall, fertig zum Einsetzen der Zähne 1409
 — — Gipsmodell mit 1409
 Bitumen 409
 — lacke 398
 Bitumina 33, 407

- Blähmittel, flüchtige Substanzen 1092
 — bei Schwammkautschuk 1092
 — trockene Chemikalien 1093
 Blasenkaugummi 1511
 Blockreifen 542
 Bodenbelag, Gummimatten als 664
 Borsäurepflaster 796
 Breaker 485
 — -Gewebe 1451
 Bremsen, Anwendung des Gummis bei 616
 Brems-backen 658
 — — Einkaufsbedingungen für 1397
 — — belag, gefalteter 1367
 — — geformter 1378, 1387
 — — gepreßter 1367
 — — gespritzte Art von geformten 1387
 — — gummierter 1362
 — — Kalandrierung von 1374
 — — Laboratoriums - Prüfmethode 1395
 — — Plattentyp 1378
 — — preßgeformter 1380
 — — Prüfmaschinen für 1396, 1397, 1402
 — — Prüfung von 1395, 1404
 — — in Rollenform 1375
 — — Stanzenheizung für 1374
 Brems-blöcke 1376
 — — Preßgeformte 1377
 — — geschwindigkeit, Vorrichtung zum Messen 1405
 — — pedaldruckes, Vorrichtung zum Messen des 1405
 — — vorrichtung (d. Vierwalzen-Kalanders) 187
 Brieden, Reibung der 644
 Brom, Widerstandsfähigkeit gegen 91
 Buffergummi 675
 Bureau of Standard, Prüfmaschine des 251, 1398
 Butadien 1304
- C**
 Cab-Type-Kabel 1289
 Cadmiumfarben 402
 Cantharidinpflaster 797
 Caoutchouc-Factice 375
 — -mousse 1113
 Capsicum-pflaster 798
 Carliermaschine 1333
 Catharometer 764
 Caucho-balls 835
 Cellulose 1560
 — bestimmung 82
 — lacke 398
 Ceresin 34
 Chärgenindikator 166
 Charlton-Ölruß 230
 Chemikalien, Einmischung der 326
 Cheminova-Verfahren 821
 Chemische Kautschukprüfung, Asche 4
 — — Aschenbestandteile 5
 — — Wasserbestimmung 4
 — — Laboratorium als Prüffeld für Rohstoffe 2
 Chlor, Widerstandsfähigkeit gegen 91
 — Bestimmung des 67
 — kautschuk 399, 1560
 — — basis, Lacke auf 1056
 Chloroform, Extraktion mit 74
 Chloropren 436, 1305
 — -Kautschuk 1568
 Chlorschwefel-Faktis 377
 Chrom-Aluminium 527
 Clincher-Patente 467
 — reifen 468
 — — Entwurf von 476
 — — auf der Felge, Dehnung des 477
 — — Herstellungsweise von 460
 — — schnell demontierbare 478
 — -Reifentyp 451
 — type 459
 — wulste, Länge und Form 477
 Coaten 703, 706
 Commerz-Reifen 543
 Conolly-Stoßstangen 648
 Consolidated Lasting-Machine 1067
 Conti-Elasticreifen 613
 Cord 479
 — Einlegen des Gummimaterials in den Kalandrierer für schußlosen 607
 — Gatter für schußlosen 606
 — Kalandrierer für schußlosen 605
 — — mit Aufwickelvorrichtung für schußlosen 607
 — Sammelbrett für schußlosen 606
 — Spanndorn für schußlosen 606
 Cord-fädenverteilung, Einrichtung zur Erzielung der 607
 — gewebe 593
 — — Kalandrieren der 596
 — — Verarbeitung schußloser 605
 — reifen 479
 — stoff, schußloser 595
 Cottonöl 377
 Cresson-Block 1205
 Crude-asbest 1255
 — — Kabelkran zur Förderung von 1257
 — faser 1255
 Chrysotil 1251
 Cushion Reifen Stahlband 542
 — Tire 534, 540
 cut sheet 969
 Cyclone Oil 671
- D**
 Damenüberschuhe 995
 — mit Gummioberblatt, Bestandteile eines 997

- Dampf-schläuche 424, 438
 — spleißapparat für Luftschläuche, pneumatische 570
 Daste-System 663
 Dauerzugprüfungen nach Breuil-Cillard 115
 — Versuchsmaschine nach Martens, Bauart Schopper 116
 Decibel 1185
 Deckenregenerate Auto-Reifen 373
 Dehnung, Alterung unter 1556
 — Bleibende 267
 — — von Kautschukmischungen als Funktion ihres Füllstoffgehalts 268
 — — und Einfluß der Vulkanisation 269
 — messer nach Martens-Schopper 115
 Depolymerisation von Rohkautschuk 1531
 Derivate des Poly-Oxy-Kautschuks 1577
 Desinfizienz 1445
 Destillationsapparat nach Engler-Ubbelohde 26
 Devolite 233
 Detail Explorer 764
 Dezelerometer 1404
 Diagonal-schneidemaschine für Gewebe 194
 — schneider Birmingham-Horizontal-(Biascutter) 194
 — — Spadone 194, 195
 — — Aufstapeln des Materials vom 197
 Diamond-Netzbasis 543
 Diaphragmapumpen, Membrane zu 442
 Dichtungs-ringe für Konserven, Untersuchung von vulkanisierten 90
 — platten 443, 1251
 Dielektrische Festigkeit bei Gummimischungen 1290, 1291
 Dielektrizitätskonstante 286
 — bei Gummimischungen 1290, 1293
 — des Kautschuks 1338
 Digestorien 850
 Dimethyl-Butadien 1304
 Disacryl 1518
 Dispersion 219, 327
 Dithiocarbamate 241
 Dixie-Clay 232
 Donutreifen 472
 Doppel-Coat-Methode 605
 — element, Auf Zug- und Druckwirkung beanspruchbares 653
 — schlauchreifen 459
 — — Herstellungsweise von 460
 — — Verschnürter 454
 — streichmesser, Bewegliches 203
 Doughty-Formpresse 464
 Drähte, elektrische Charakteristiken für 1290
 Drahtseilreifen 450
 — Erzeugungsmethode der 459
 Drahtseiltype 459
 Drahtwulsten 449
 Drehgestell mit Gummipolstern, Dreiachsiges amerikanisches 637
 Drehöfen zum Trocknen 1263
 Dreifach - Gewebe, Doppel - Gewebe oder 750
 Drei-kalandertrain 604
 — leiterkabel 1279
 — walzenkalander, Der 602
 — — — Hintereinanderschaltung von 179
 Druck-gefäßhülle 359
 — luftkessel ohne Umwälzungseinrichtung 1041
 — luftschläuchen, Künstliche Alterung von 1554
 — tücher 725
 — — für Kattundruck 689
 — — — Offsetdruck 689
 — — — Rotationsdruck 689
 Dublestoffe 724
 Dublieren 708
 Dublierkalander 709
 Dubliermaschine 1334
 Ducasble 541
 Dunkel-Rißbildung 1525
 Dunlo-Pillo-Sitz 665
 Dunlop-Block 1207
 — -Elasticreifen 612
 — -Maschine 251
 — -Welch Hollow Center Rim 450
 Dunlopventil 457
 Dunstvulkanisation 711
 Dupont - Latex - Desinfecant Nr. 745 1445
 Duprene 294, 436, 1305
 — -Latex 1434
 Durchschlagsfestigkeit 286
 Durchschnittsmuster 3
 — Herstellung eines 60
 Durometer 340
 Duoprene 1562
 Dynamometer Breuil-Cillard 112

E

- Ebonit 1559
 Eccles-Ballmaschine 840
 — — Einlegen des Zuschnittes in die 842
 — — Schließen der Backen nach Einführung der Gummischnur bei der Kreuznaht bei 842
 — — Zuschnitt mit Ventilpfropfen für eine 4 backige 841
 — Sidewire-Maschine 460
 Eierbälle 859
 Eindruckhärtebestimmung 105

- Ein-lagen 486
 — — Vorbereiten der 1028
 — reißen, Widerstand gegen 258
 Einzelheizer 526
 — schlauchreifen 459
 Eisbeutel 861, 969
 Eisen in Geweben 690
 — bahnfahrzeugen, Gummi bei 615
 — — — — Normalisierung 640
 — — — — Prüfung 640
 — — — — Zusammenfassung der zweckmäßigen Anwendungsgebiete 630
 Eisen-konstanten 527
 — salze, Wasserlösliche 20
 Elastic belt Reifen 449
 Elastizitäts-bestimmung 104, 114
 — — Druckversuche 125
 — — Eindruckproben 125
 — — Zermürbungszahl 121
 — modul des Kautschuks 1338
 Elastometer „P. B.“ von A. D. Cillard 117
 Elastoplast 796
 Elefantenhaut 1525, 1528
 Elektrizstoff 724
 Elektrische Eigenschaften 286, 289
 Ellinwood-Maschine 558
 Emaillen 398
 Endfeinheit 403
 Enemas 860
 Energieverlust 287
 Englerkolben 25
 Entwicklungsabteilung 2
 Erdkabel 1279
 Erdöls, Fraktionen des 671
 Ermüdungsprüfer nach du Pont 116
 Erstarrungspunkt 24
 Erweicher beim Schwammkautschuk 1091
 — Echte 409
 — Scheinbare 409
 Erweichungs-mittel 47, 222, 238, 256
 — — Einfluß steigender Zusätze von, auf die Lebensdauer 239
 — — Zusatz von 279
 — periode 416
 — punkt 24
 — — bestimmung 24
 Eskin 1466
 Essigschläuche 409, 430
 Expanded rubber 1085
 Extraktionsapparat, englischer 8
 — nach Soxhlet 70
 — — Zuntz 70
- F**
- Fabrikationsabfälle 343
 — Vulkanisierte 344
 Factice 375
 Fadenmoleküle 1514
 Fäden, blau 1218
 — braune 1217
 — grüne 1218
 — rosa 1218
 — rote 1217, 1218
 — weiße 1213
 Fahrgestellkonstruktion 646
 Fahrrad-griffe 419
 — reifen 448
 — — Erzeugung von 459
 — — mischungen 581
 — ventil 457
 Faktis 27, 236, 375, 407, 408
 — Acetonextrakt und Gehalt an unverseifbaren Bestandteilen 380
 — Analyse des 378
 — Anwendung in der Industrie 381
 — Aschengehalt 381
 — Bestimmung des Chlors 28
 — — Schwefels 28, 380
 — brauner 29, 375, 377, 670
 — chemischen und physikalischen Grundlagen der Bildung von 391
 — Feuchtigkeitsgehalt des 379
 — freie Öle 28
 — Gehalt an freiem Schwefel 380
 — Geruch eines 379
 — Herstellung von Gegenständen aus 391
 — Isolationsfähigkeit des 384
 — Darstellung des braunen 389
 — technische Herstellung des 387
 — — — weißem 388
 — Spezifisches Gewicht von 379
 — Verhalten in der Hitze 380
 — wasserlösliche Stoffe 28
 — weißer 28, 375, 376, 670
 — als selbständiger Werkstoff 386, 387
 Faktis-bestimmung 75
 — gummi 685
 — lacke 398, 1037
 — sorten, Spezielle Anwendung einzelner 383
 Faltbootstoffe 689
 Farbbeständigkeit 97
 Farbenbenzol 50
 Farb-mühlen 1447
 — stoffe, Organische 34
 — — Pulverförmige mineralische 14
 Fawke's Cushion 541
 Federn, Anwendung des Gummis bei 616
 — Quietschen der 644
 — Schmierung der 644
 Feder-blätter 643
 — bolzen 645
 — brieden 643
 — harz 1561
 — schutzgamaschen 645
 Feinsichtmaschine 145

- Felge hollow center 450
 — nach Rathbun 451
 Felgen-ausführung 482
 — haken 476
 — sitz 476
 Fensterführung durch Gummiwalzen-
 paare nach Rohla 664
 Fensterlaufschiene 664
 Fersenkappen 1022
 Fersenstück, Befestigen des 1028
 Fertigwalzen, Endbehandlung auf den
 360
 Fertigwarenkontrolle 732
 Fesselballons 749
 Festigkeitseigenschaften 224
 — Abnutzung im Laboratorium, Mes-
 sung der, 249
 — Abnutzungsprüfung, Anordnung zur
 251
 — Abnutzungswiderstand 248
 — Einfluß steigender Zusätze von Er-
 weichungsmitteln auf die 239
 — Füllstoffgemische 245
 — Härte 242
 — von Kautschukmischungen, die
 gleichzeitig Ruß und Zinkweiß in
 wechselndem Verhältnis enthalten
 247
 — von Mischungen, die gleichzeitig
 Ruß und Kaolin enthalten 248
 — — — — Kreide enthalten 250
 — — — — Lithopone enthalten 249
 — Modulus 242
 — Steifheit 242
 — der vulkanisierten Mischung als
 Funktion der Walzdauer 264
 Fettsäuren 407, 411
 Feuchtigkeitsgehalt 17
 Feuilles anglaises 969
 Fichtenharz 414
 Fichtenteer 240
 Filastic 1469
 Filter-Diaphragmen aus Schwamm-
 gummi 1131
 Firestone Non-skid H. I.-Type 612
 — R. M. C. Cushion 612
 Fisk Cushion Tire 540
 Flachbälle 859
 Flammpunkt-bestimmung 22
 — prüfer mit offenem Tiegel 23
 Flaschenscheiben 409, 424, 428
 Flexosecur-Element 652
 Fliesen, eingelegte 1162
 — geformte 1163
 — In der Presse vulkanisierte 1157
 Floating power 654, 655
 Floßstoffe 689
 Flugzeug-felgtypen 502
 — reifen 500
 Fluoreszenz, ultraviolette 1541
 Förderung 146
 Formaldehyd 11
 Formartikel, Herstellung technischer
 439
 Formbarkeit, Begriff der 304
 Formenmaterial 421
 Formschnüre 910
 Formschuhwerk 1079
 Freiballons 749
 Fremdstoffe, Wasserlösliche 6
 Freiheizung 415
 Friedheimmaschinen 194
 Friktionieren 703, 704
 — und Skimmen 704
 — — — in einem Arbeitsgang 705
 Friktions-kalender 1000, 1005, 1006
 — koeffizienten, Prüfmaschine zur Be-
 stimmung des 1400, 1401
 Führungs-achse 609
 — räder 609
 Füllstoffe, A-Funktion einiger 216
 — aktive 253
 — anisotrope 269
 — Anlage zur Behandlung pulver-
 förmiger 146
 — Behandlung der 141
 — Direkte Bestimmung der 77
 — Einfluß der 212, 292
 — inaktive 253
 — Kombinationen der 257
 — Mit steigender Konzentration fällt
 die spezifische verstärkende Wir-
 kung der 220
 — Theorie der Verstärkung durch 216
 — Trocknen und Sieben der 142
 — Vergleich der gebräuchlichsten 236
 — Vorrichtung zur Rückführung der
 163
 Füllstoff-gehalt, Abhängigkeit der
 Reißfestigkeit vom 213
 — — Härte von Kautschukmischun-
 gen als Funktion ihres 242
 — — Steifheit von Kautschuk-
 mischungen als Funktion ihres 242
 — — Widerstandsenergie als Funk-
 tion des 214
 — teilchen, Gestalt der 259
 — zusatzes, Wirtschaftlichkeit eines
 226
 — gemische 245
 Fulda-Parabel-Luftkammerreifen 613
 — -Riesenkissenreifen 612
 Fumonex 229
 Fußball-blasen 835
 — — Füllschlauch für 855
 — seelen 911
 Fußbodenbelag 415
 — Herstellung von 443
 — Schwammkautschukunterlagen für
 1131
 Fußraster 413

- G**
- Gabelkneiter, Querschnitt durch einen 1215
- Gaisman-Block 1197, 1198
- Galoschen 991
- Galosche, Bestandteile und Aufbau 1024
- Teile einer amerikanischen 1031
- Ganzfabrikaten, Direkte Bestimmung von 83
- Gasdurchlässigkeitsprüfer von Schopper 134
- Gasruß 228, 411
- Gasschläuche 415, 424
- Gaufrierkalandar 774
- Gaumenplatte 1407
- Gebläse 969
- Geerofen 1542, 1552
- Gelatine 62
- walzen 434
- Gelenkstanze 1071
- Gesamtschwefels, Quantitative Bestimmung des 62
- Gesamtstickstoffes, Bestimmung des 61
- Gewebe 454, 690
- all warp 454 471
- Eisen in 690
- gummierte 131
- Kupfer in 690
- Mangan in 690
- no weft 454
- für Reifeneinlagen 599
- — Trocknen der 601
- Gewebe-einlagen, Kalandrieren der 601
- kabel, bleigeschützte 1278
- schneider 201
- stoffen, Sonderung von den 358
- Gewicht, Spezifisches 341
- Gipsabguß eingepaßt, Wachsmo-
dell in den 1411
- Glätten und Durchsehen des Stoffes,
Heißmangel zum 698
- Glättkalandar 698
- Gleitschutz-dessins 448
- patente 467
- -Vulkanisierpresse 523
- Globularstruktur 1515
- Glühstabapparat 1315
- Glyzerin 62
- Goldschwefel 41
- -Antimonpentasulfid 42
- Golfbälle 835, 910, 1483
- Ajax-Maschine 891
- Bandwickelmaschine 889, 891
- Bemalung 904
- Beschneiden 902
- Consistency Tester 897
- Entfernung des Austriebes 902
- Fabrikation von 885
- Floater 888
- Golfbälle, Flugmaschine 898
- Formverfahren 901
- Härteprüfung 895
- Haut 902
- Kern 885, 888, 890
- Kompressionsprüfung 895
- Markieren 905
- Mischungen für die Herstellung des
Kernes 887
- Packmaschine nach Paillard und
Benoit 905
- Prüfungen 894
- Ringwickelmaschine 890
- Spritzautomat 903, 904
- Überzug (Deckel), 899
- Verpackung 905
- Wickelmaschine der India Rubber
Gutta Percha und Telegraph Works
890
- Goodrich-Hartgummi, drahtlos 543
- -Verfahren, Vulkanisation nach dem
1105
- Goodwin-Ruß 229, 230
- Goodyear, Hohlraum nach 541
- Blockreifen 543
- -Doppelreifen, abnehmbar 543
- -Motz-Reifen 538
- -Polster-Vollgummireifen 612
- Gordon-Maschinen, Bemerkungen über
173
- mastikator 150
- -Plastikator, Zweistufiger 303
- Gradseit-drahtseilreifen 479
- reifen 480, 481
- — Abnutzung, langsame, gleich-
mäßige 489
- — Drahtmenge 482
- — Drahtplattierung 482
- — Einpressung 489
- — Gummistreifen 488
- — Isolation 482
- — Polstergummi 488
- — Seitenwand 485
- — Sicherheit 489
- — Zwischenplatten 488
- Grit 231
- Guanidine 241
- Gummi im Automobilbau 643
- in Abfederungssystemen 643
- in Bremssystemen 658
- im Eisenbahnbau 644
- in elektrischen Systemen 666
- Einlagerung der Federblätter in
644
- in Federungen 622
- als Federungsmasse 646
- in Güterwagen, englischen 625
- im Karosseriebau 662
- als Kompressionsmasse 647
- in Kraftübertragungssystemen 656
- in Motoranlagen 651

- Gummi in Personenwagen, englischen 623
- an Personen- und Güterwagen der L. M. & S.-Gesellschaft 638
 - — Personenwagenkästen 640
 - — (Personenwagen-Untergestellen und Drehgestellen 639
 - — Plastikation des 404
 - in Reibungselementen 658
 - — Sicherheitsvorrichtungen 647
 - im Steuerungsmechanismus 660
 - in Stoßstangen 647
 - Verbindung der Karosseriebleche durch 662
- Gummi-abdichtungen an Türen 663
- artikel als Hilfselemente der Spielwarenfabrikation 909
 - auflage, aufvulkanisierte 659
 - auflagen, Pedale mit fest aufvulkanisierten 658
 - band 1018
 - — Verfahren zur Prüfung von 114
 - — weberei 1209
 - bereifung 447
 - dichtungen an Lokomotiven 642
 - — — Tendern 642
- Gummieren auf nassem Wege 691
- — trockenem Wege 703
 - Vierwalzenkalandar zum doppel-seitigen 179
- Gummierte Stoffe, Absorptionsöle 697
- — Bedrucken 707
 - — Bergmannsanzüge 689, 730
 - — Dublieren 708
 - — Druckmaschine 708
 - — Hochdruckverfahren 707
 - — Klebtisch 699
 - — Mäntel 689
 - — Pudern 709
 - — Rückgewinnung 694
 - — Schürzen 689
 - — Siedeanalyse 712
 - — Streichkopf 694
 - — Taucheranzüge 689, 730
 - — Tiefdruckverfahren 707
 - — Trikot 703
 - — Trockentisch 696
 - — Verbandsbatist 689
 - — Verfahren mit aktiver Kohle 697
 - — Vorbereitung der Gewebe 698
 - — Vulkanisation, Operationen vor der 707
- Gummierung durch Anstrich 1346
- — Aufspachteln 1346
- Gummi-faden 1209
- — bei der Abdichtung von Metall-schläuchen 1209
 - — bei der Abfederung von Flugzeugen 1209
 - — Abziehen der Platten 1225
- Gummi-faden, Aufwickeln zum Vulkanisieren 1225
- — — Beize 1232, 1235
 - — — Bindungsprinzip 1237
 - — — Dampfvulkanisation 1226
 - — — Dehnung des, 1210, 1239
 - — — Düse, Querschnitt einer 1246
 - — — Gabelkneiter für 1214
 - — — Gestrichene Platte für 703
 - — — Herstellung der Platten 1223
 - — — Hysteresis 1239
 - — — Kalanderverfahren für 1214
 - — — Kette 1232
 - — — Knetmaschine 1216
 - — — Kochperiode des 1212
 - — — Konfektion des 1232
 - — — Längsschnitt durch einen verwebten 1237
 - — — Lagerung des 1237
 - — — Lebensdauer des 1237
 - — — Lösungsverfahren für 1214
 - — — Mischungen für 1217
 - — — Nummerngewicht des 1211
 - — — Platten, Schneiden der 1227
 - — — Vulkanisation der 1226
 - — — -Ziehverfahren für 1214
 - — — Presse, Prinzip einer 1247
 - — — Prüfung des 1239
 - — — im Riemengang 1211, 1232
 - — — Schneidemaschine, Schneidart der großen 1230
 - — — Schneidemaschine, Wirkungsweise der kleinen 1229
 - — — Schneiden mit Messerwelle 1236
 - — — Schneid-lack 1235
 - — — — trommel 1228
 - — — — verfahren 1228
 - — — Schnitt und Kanten des 1230
 - — — Spannung des 1239
 - — — Spezialwalzwerke für 1216
 - — — Spinnmaschinen 1232
 - — — Stoffdessin 1225
 - — — Stränge 1232
 - — — Strammheit des 1210
 - — — Strangfaden 1233
 - — — Trockenkneiter für 1214
 - — — Vulkanisation im Wasser 1226
 - — — Vulkanisierkessel 1226
 - — — Waschperiode des 1212
 - — — Webstühle für 1211, 1232
 - — — Widerstand gegen Aufreiben des 1239
 - — — Zerreißfestigkeit des 1210, 1239
 - — — Ziehverfahren bei 1222
- Gummi-farben 398
- feder mit Metalleinlage 632
 - — — für Puffer 617
 - — — Zugvorrichtung 617, 627
 - federeinlage 633
 - — überzug 644

- Gummi-federung, Zugstange mit dop-
 pelter 618
 — fußböden, Herstellung nahtloser
 1417
 — gepolstertes Rad 633
 — gifte 400
 — hämmer 910
 — handschuhe, Formen für 958
 — hosen 979
 — hüllen der Normal-Gummiader-
 leitungen 130
 Gummi-isolierte Leitungen 1275
 — — — Bedeckungsmaschine f. 1288
 — — — Feuchtigkeitsaufnahme von
 1306
 — — — Streifenverfahren für 1288
 — — — Widerstandsfähigkeit gegen
 Wärme 1308
 — isolierung zwischen Achsbuchse und
 Ausgleichgestänge 631
 — — — Federgrundfläche und Aus-
 gleichgestänge 631
 — kappen, aufziehbare 658
 — — für die Scheinwerfer 666
 — -Knetter „Universal“ 170
 — kugeln 910
 Gummi-Kurzwaren 979
 — — Belegen 982
 — — Belegmaschine mit Transmission
 und Fußkupplung 985
 — — Einfassen 982
 — — Einrichtung zum Pudern und
 Aufwickeln dünner Platten 980
 — — elektrisch beheiztes Kreis-
 messer 982
 — — Haubenplissiermaschine 987
 — — Klopfen 982
 — — Klopffmaschine 986
 — — Knipsen 982
 — — Knipsmaschine 983
 — — Knipsstanzmesser 982
 — — Rüschen 982, 986
 — — — maschine 984
 — — Sauger 979
 — — Stanzform eines Badeschuhes
 989
 — — Vulkanisiertrommel mit Mit-
 nehmerleisten 983
 — — — Zuschnitt einer Windelhose 984
 Gummi-lagen, mikroporöse 644
 — manschette für Bremsgestänge 659
 — mischungen, Ausbluten von 1364
 — — dielektrische Festigkeit bei 1290,
 1291
 — — Dielektrizitätskonstante bei
 1290, 1293
 — — elektrische Charakteristiken für
 1290
 — — Erweicher bei 1362
 — — Friktionskoeffizient bei 1363
 — — Füllstoffe als Trockner 1362
 Gummi-mischungen-Füllstoffe, Ver-
 steifter 1362
 — — Isolationswiderstand bei 1290
 — — spezifische induktive Kapazität
 1290, 1293
 — — Leistungsfaktor bei 1290, 1292
 — — quellen von 1364
 — — Verwendung des Wassers 405
 — — wärmebeständige 1304
 Gummi-packung 644
 — platten für Schlafwagen 639
 — polster zwischen den Enden von
 doppelten Blattfedern 631
 — polstern, dreiachsiges, amerikani-
 sches Drehgestell mit 637
 — profil 644
 — schnüren, Verfahren zur Prüfung
 von 114
 Gummi-schuh, Aufbau eines 991, 992,
 997
 — — Aluminiumleisten für 1060
 — — Ausleisten der 1058
 — — Aus Blech gestanzte Leisten für
 1061
 — — Einfaßmaschine 1064
 — — Friktionsmischung für 1078
 — — Klebelösung für 1079
 — — Leistenkopiermaschine für 1059
 — — Leistenlager der 1059
 — — mit Lasche und Sporn 991
 — — ohne Lasche mit Sporn 991
 — — Ösenmaschine, automatische
 1066
 — — Sortieren der 1058
 — — Sortiersaal für 1061
 — — Streichmischung für 1078
 — — Versand der 1058
 Gummi-schuh-fabrik, Produktionsgang
 in einer 995, 999
 — — — Ausschneiden 995
 — — — Ausstanzen 995
 — — — Gummieren der Gewebe
 995, 1000, 1006
 — — — Herstellung von Mischun-
 gen 995
 — — — Konfektionieren über
 einen Leisten 995
 — — — Lackieren der Schuhe 995
 — — — Vulkanisation 995
 — — — Ziehen der Platten 995
 1000, 1006
 — — lack 1034
 — — mischungen, typische 1076
 — — — Vulkanisationsdiagramme
 1077
 — — — Aufbaubestandteile 991—997
 — — — und Galoschenregenerate 373
 Gummi-schuh-werk 991
 — — — Außenstoffe 1007
 — — — Ausschneiden der Einzelteile
 1013

- Gummi-schuh-werk, Ausstanzen der Einzelteile 1013
 — — — automatische Regelung der Vulkanisation 1050
 — — — Conveyor-Anlagen für die Fließfertigung 1028
 — — — Druckregelung 1052
 — — — Dublieren gummierter Stoffe 1012
 — — — Einstreichen der Innenteile 1022
 — — — elektrische Regelung bei der Vulkanisation 1053
 — — — Futterteile 1006
 — — — Herstellung der Mischungen 998
 — — — Jagdschuhe 991
 — — — kombiniertes Gummieren 1011
 — — — Konfektionieren der Teile über einem Leisten 1021
 — — — am laufenden Band 1030
 — — — Kreisschere 1035
 — — — Mahlwalzwerk 999
 — — — Mischkammer 998
 — — — Mischungen für 1072
 — — — Mischwerk 998
 — — — Prinzipschaltbild für die Regelung mit dem Programmgeber 1055
 — — — Programmgeber bei der Vulkanisation 1054
 — — — Temperaturregler bei der Vulkanisation 1054
 — — — rauhe Kappe 1005, 1006
 — — — Schneeschuhe 991
 — — — Temperatur-Druck-Zeitregler 1052
 — — — — regelung bei der Vulkanisation 1052
 — — — Trockenboden 998
 — — — Trocknen der Gewebe 1012
 — — — typische Vulkanisationsdiagramme für bleiglättehaltige Mischungen 1040
 — — — Vulkanisation 1037
 — — — bei Atmosphärendruck 1037
 — — — — im Dampf 1056
 — — — — in Druckluft 1038
 — — — Vulkanisationsdiagramm 1038, 1039
 — — — — für bleiglättefreie Mischungen 1041
 — — — Vulkanisationskessel mit äußerer Luftumwälzung 1047, 1048
 — — — Heißluftumwälzung 1045, 1049
 — — — innerer Luftumwälzung 1046
 — — — Wärmebilanz eines Vulkanisierungskessels 1046
- Gummi-schuh-werk, Wärmeverteilungsdiagramm 1045
 — — — Waschwalzwerk 998
 — — — Zwischenblätter 1007
 Gummi-spiel-bälle 910
 — — — zeuge 907
 — — — Analysen vulkanisierter Mischungen 922
 — — — Anordnung eines Vulkanisierungsraumes 918
 — — — Aufblasbare menschliche oder Tierfiguren 911
 — — — Ausprobieren 942
 — — — Bälle 934
 — — — Bandnahtwerkzeug 928
 — — — Bandverstärkte Naht 924
 — — — Bedrucken 942
 — — — Bemalen 920, 942
 — — — chemisch aktive Streumittel 937
 — — — Einteilung der 909
 — — — Eis-Hockeyscheiben 910
 — — — Figuren aus zwei Platten 911
 — — — Formen 916
 — — — Geformte massive Körper 910
 — — — aus Gummilösung getauchte 911
 — — — Gummisoldaten 910
 — — — Haltbarkeit der Nähte 926
 — — — Hartblei - Figurenvulkanisierform 917
 — — — Haubenkesselpresse zum Vulkanisieren 919
 — — — Herstellung der Nähte 927
 — — — Hohlkörper 912
 — — — — aus zwei Platten 938
 — — — — in einer Phase Vereinigung von drei Blättern zu einem 939
 — — — — aus mehreren zweiblättrigen Hohlkörpern zusammengesetzt 933
 — — — inerte Streumittel 936
 — — — Juxartikel 911
 — — — Kaltvulkanisation 942
 — — — Klebnähte 924
 — — — Lagerfähigkeit 943
 — — — Mehrkammer - Strandspielzeuge 948
 — — — Mischungen 936
 — — — Nähte 924
 — — — — diagonal zu ebener Fläche 926
 — — — — diagonal zu gekrümmter Fläche 926
 — — — — Herstellung der durch Handbetrieb 927
 — — — — Schweiß - Stanzwerkzeuge 927
 — — — Papier als Stanzbehelf 940
 — — — Patentlage 950

- Gummi-spiel-bälle, Aus geschnittenen Patentplatten hergestellte 911
 — — — Perforationsgefahr 943
 — — — Physikalische Konstanten 923
 — — — und chemische Eigenschaften der bildenden Kautschukplatten 921
 — — — aus drei Platten 930
 — — — aus sechs Platten 933
 — — — aus vier Platten 932
 — — — aus zwei Platten 930
 — — — Stahldraht als Werkzeug 928
 — — — Platten-kontrolle 937
 — — — — ziehen 936
 — — — Preßbandnaht 925, 926
 — — — Reinigen 920
 — — — Reparatur 945
 — — — Rider - Wolcottsche Stanz- und Klebmachine 915
 — — — Schwammkörper 912
 — — — Schwimmfiguren 911
 — — — Spezialkonstruktionen 952
 — — — Stanzarbeit 938
 — — — Stanzmaschine 941
 — — — — Querschnitt einer Stanzkante der 915
 — — — — Vorrichtung zum kontinuierlichen Stanzen bei der 915
 — — — Stanzwerkzeugbeispiel 940
 — — — durch Stoffstaub veredelte 948
 — — — Tierfiguren 910
 — — — Überlappte Bandnaht 925
 — — — Überlappungsnah 924
 — — — unzerbrechliche Puppenglieder 910
 — — — velourierte Spielzeuge 952
 — — — Ventile 941
 — — — Vereinigung von sechs Blättern zu einem Hohlkörper 939
 — — — Verfahren zum Auftragen der Faserstaubbezüge 949
 — — — Vollkörper 912
 — — — Vulkanisieren 917, 942
 — — — Vorrichtung zur kontinuierlichen induktiven, elektrischen Beheizung von Vulkanisierformen 920
 — — — Warmvulkanisation 942
 — — — Waschen
 — — — aus wässrigen Dispersionen getauchte 911
 — — — Zusammenfügung der Hohlkörper 938
 — — — Zuschneiden 937
 — — — Zwischenlagen 937
 Gummi-stiefel 991, 995
 — straßen, Schienenverlegung bei 1500
 — -Terrazzo-Bodenbelag, dekorativer 1497
 — treibriemen 735
 Gummi-stiefel, Endlosverbindung eines 745
 — unterlage, Sitz mit 638
 — walzen in Buchdruckmaschinen 434
 Gummi-waren, Bedeutung der Erweicher in technischen 406
 — — das Färben technischer 401
 — — Herstellung technischer 423
 — — nahtlose 1484
 — — technische 397
 — — — Bitumenlacke 398
 — — — Celluloselacke 398
 — — — Emailen 398
 — — — Faktislacke 398
 — — — Gummifarben 398
 — — — Harzlacke 398
 — — — Kitte 399
 — — — Klebmassen 399
 — — — Öl-Harz-Lacke 398
 — — — Öllacke 398
 — — — Qualitäten für Spezialzwecke 435
 — — — Schellacke 398
 Gummizuschneiderei 1016
 Gürtel 979
 Güterwagen, Bewegliche Verbindungen an den Kopfstücken von 641
 Guttapercha 53, 1513, 1561
 — Bestimmung des Erweichungspunktes von 56
 — — Harzgehaltes 54
 — harz 414
 — pflastermulle 791
 Guttaplaste 791, 796
 Gyrotory crusher 1257

H
 Härte 340
 — Abnutzungswiderstand als Funktion von 255
 Haftfestigkeit des Kautschukbelages, 1350
 Hairlock-Sitz 665
 Hakenansatz, Wölbung über dem 477
 Halb-bälle 874
 — — Heizpressen für 876
 — — Presse zur Herstellung von 875
 — fabrikate, direkte Bestimmung von 83
 — massivbälle 835, 851
 — sohle, Befestigen der 1028
 Hand-Ballmalerei 836
 — — — Zuschnitt für 837
 Hantschläuchen, Innengummierung von 1456
 Hansaplast 795
 Hansaplast elastisch 796
 Harris-Leon-Laisne System der reinen Gummifederung 646
 Hart-gummi 1309, 1559

- Hart-gummi, Chemische Untersuchung von 1316
 — — Eigenschaften des 1312
 — — elektrische Prüfung des 135, 1313
 — — mechanische Prüfung des 1313
 — — Messung des Oberflächenwiderstandes 1316
 — — Preßform für 1331
 — — Prüfung des 135, 1313
 — — Rohmaterialien für 1309
 — — Verwendung des 1312
 — — -Mutterrohre, Bohrmaschine für 1327
 — — platten 1317
 — — rohre 1318
 — — -Separatoren 1323
 — — stäbe 1318
 — — teile, Preßform für 1326
 Hartkautschukabfälle 344, 346
 Harze 407, 411
 Harzlacke 398
 Hauptfundstätten für Serpentinbest 1252
 Heftpflaster 791
 Heidensohn-Methode, verbesserte 259
 Heißluftschrank für kontinuierliche Vulkanisation 722
 Heißmangel 698
 Heißwasserschläuche 424, 425
 Heizschläuche 525
 — — Einlegen der 515
 Helmtex 1433
 Hexamethylentetramin 241
 Hinterachse 643
 Hitzebeständigkeit 297
 — prüfung von Luftschläuchen 1556
 Hochspannungsprüfung 1296
 Hohl-bälle 835
 — — Bläserei 847
 — — Klammer zum Tauchen von 849
 — — Plattenziehen 836
 — — Schablonen 850
 — — Schleifen 846
 — — Spritz-pistolen 850
 — — — technik 850
 — — — tische 850
 — — — verfahren 850
 — — Stanzmaschine 839
 — — Streichverfahren 848
 — — Tauchverfahren 850
 — — Treibmittel 838
 — — Trommelmalerei 849
 — — Trommeln 846
 — — Velourieren 851
 — körper, Aufblasbare 911
 — — chirurgische 857
 — — chirurgische Gebläse 859, 969
 — — — mit Halsansatz 860
 — — — zur Kosmetik 857
 — — — Krankenpflege 857
 Hohl-bälle, Dünnwandige 910
 — — Erzeugung der 835
 — — in Formen vulkanisierte 910
 — — durch Kleben zusammengepreßte 911
 — — offene, kugelförmige 910
 — — ohne Formen, vulkanisierte 911
 — nadel 846
 — raum nach Goodyear 541
 Holz-öl, chinesisches 377
 — — -Faktis 377
 — — teer 34
 Homogenisierungsmittel 47
 Hornblendeasbest 1251
 Hosenträger 1209
 Hose Pipe Reifen 453, 459
 Hühneraugenpflaster 797
 Hundebälle 835, 852
 Hupenbälle 857, 1481
 Hydro-balata 1571
 — guttapercha 1571
 — kautschuk 1520, 1568
 — — homologen 1571
 — — Herstellung des 1570
 — — Reindarstellung des 1570
 — — -Zyklorkautschuke 1572
 Hygrostat nach Dr. Schreiber 737
 Hysteresis 114
 — charakteristik 270
 — schleife 270
 — — und Widerstandsenergie 271
- I
- Ichthyolpflaster 796
 India Rubber 669
 India-Rubber-Substitute 375
 Inkohlung 1524
 Innen-Backen-Bremse, hydraulische 1379
 — — — stahlhydraulische 1379
 — — mischer, geschlossene 303
 — — mischern, Arbeit mit 335
 Isokautschuk 1581, 1582
 Isolationswiderstand 286, 1290, 1297
 Isolier-bänder 131, 414, 689
 — mischungen 1294
 — stoffe, elektrische 135
 Isomerisationen 1560
 Isopren 1304
 It-Kalander 1271
 — -Masse, Herstellen der 1268
 — -Platten 1251, 1369
 — — direkte Bestimmung von 83
 — — Fraktion der 1265
 — — Herstellung der halbfertigen 1270
 — — Prüfung der 1273
 — — -Fabrik, Öffnen der Asbestfasern in der 1265
 — — -Prüfstücke, Abmessungen für 1273
 — Rührwerk 1269

- J**
 Jatex 1433
 Jaw crusher 1256
 Jintawan 1082
 Jod, Widerstandsfähigkeit gegen 91
 Jodoformpflaster 796
 Joulesche Wärme 271
 Jumbo 1257
 — -Reifen, Schwere 545
- K**
 Kabel, Drei-Leiter- 1276
 — einfache 1279
 — elektrische Charakteristiken 1290
 — gummibedeckte 1276
 Kadox 233
 Kältetrichter 34
 Kalandr 175—177
 — mit Aufwickelvorrichtung für schuß-
 losen Cord 607
 — zum Auswalzen von Zinnfolien 1331
 — Train 597, 601
 — walzenbauart 189
 Kalandrieren des Cordgewebes 596
 — von Lenogeweben für Laufflächen-
 einlagen 598
 Kalite 236
 Kaltvulkanisation 711, 962
 Kaltvulkanisierte Stoffe 723, 724
 Kamm-fabrikation 1328
 — platte, Dublierte 1334
 — schneidemaschine 1332
 Kanalprozeß-Gasruß 245
 Kanevasselemente, Gummierte 656
 Kanvasschuhe mit Gummisohlen 991
 Kaolin 232
 — Reißfestigkeit von Mischungen mit
 247
 Karkassmischungen, Moderne 580
 Karosserieaufbau nach Daste 662
 Karvasept 1445
 Karrenbalkenstanzmaschine 1014
 Kablerbraun 400
 Katalysatoren, Anorganische 1519
 Kattundruck, Drucktücher für 689
 Kaust. Alkalien 62
 Kautschol 413
 Kautschuk, Absorption des Gases
 durch 761
 — Aggregationsgrad des 1519
 — Alterung des 1513, 1514
 — Analyse von 87
 — Ausziehen des gemischten 167
 — Autooxydationsvorgänge 1517
 — Chemische Haltbarkeit des 1339,
 1342
 — Chlorierter 398
 — Dichte des 1338
 — Dielektrizitätskonstante des 1338
 — Dispergierter 1366
 — Durchschlagsspannung des 1338
 Kautschuk, Elastizitätsmodul des 1338
 — Erholung des 1516
 — Erholung von verschieden weit
 mastizierten 314
 — Erzeugung der Wärme in 312
 — Hornisierter 1560
 — Kolloidmoleküle des 1513
 — Kubischer Ausdehnungskoeffizient
 des 1338
 — Leimigwerden des 401
 — Mastikation des 149
 — Mikroporöser 1125
 — Mikroskopische Prüfung von 89
 — Mischung des 156
 — Nerv des 308
 — Oxydation des 1513, 1514
 — — von vulkanisiertem 1519, 1531
 — Passieren durch Siebe 148
 — Plastizität des 1516
 — in Puppen, Handbeschickung des
 Kalanders mit 175
 — Reaggregation des 1516
 — Regeneration des 348
 — Regenerierter 35
 — in Reibungselementen 1361
 — im Reifenbau 643
 — Sortierung des 141
 — Spezifisches Gewicht von 88
 — als Spielzeugwerkstoff 908
 — Temperaturbeständigkeit des 1338
 — Verschleißwiderstand des 1339
 — Vormastizieren des 149
 — Vorwärmen des 174
 — Wärmeisolationsvermögen des 1338
 — — leitfähigkeit des 1338
 — Waschen des 148
 — Weichheit des 308
 — Wirkung von Schwermetallverbin-
 dungen auf 1531
 — -gebundene Schleifscheiben 1416
 — — — Walzverfahren 1418
 — Zufuhr zur nächsten Arbeitsstufe
 178
 — Zyklisierung, Anwendung bei Befestigung
 von Kautschuk auf Metallen 1599
 — — mittels chemischer Mittel 1587
 — — — konzentriereter Schwefel-
 säure 1587
 — — — Metallverbindungen 1597
 — — — organischer Halogenverbindungen
 1597
 — — durch stille elektrische Ent-
 ladung 1594
 — — auf thermischem Wege 1582
 Kautschuk-abfälle 343
 — altstoffe 343, 345
 — — Unmittelbare Verwendung 348
 — artikeln, Alterungsschutz von 1536
 — bekleidungen, Arten der 1345
 — — Aufbau von 1352

- Kautschuk-bekleidungen, Metalleig-
 nung zu 1351
 — — von Metallen 1337
 — — Prüfungen von 1359
 — — bei Rohrleitungen 1356
 — — durch Tauchen 1346
 — — Vorprüfung von 1357
 — — Vulkanisation von 1358
 — — Zentrifugen zu 1355
 — belag, Abrieb von 1182
 — — Brennbarkeit des 1180
 — — Charakteristika von erstklassi-
 gem 1178
 — — Elastizität des 1178
 — — Geruch von 1182
 — — Haftfestigkeit des 1350
 — — Haltbarkeit von 1182
 — — Hygienische Eigenschaften 1181
 — — lärmötönde und akustische
 Eigenschaften 1179
 — — Leitfähigkeit für Elektrizität
 1179
 — — — für Wärme 1179
 — — nicht rutschende Oberfläche
 1181
 — — Vorbereitung eines dekorativen
 Musters für 1173
 — — Widerstand gegen Chemikalien
 1180
 Kautschuk-blöcken, Verschiedene Ty-
 pen von 1197
 — — bremsbelagmischungen 1362
 — — -Derivate 1559
 — — dispersionen, Künstliche 1433
 — — — Wässrige 1416
 — — — bei Reibungselementen, Die An-
 wendung künstlicher 1392
 — — erzeugnissen, Spezielle Methoden
 der Alterungsprüfung von 1553
 — — -Formoliten 1581
 „Kautschuk-Füllstoff“, System 210
 — — A-Funktion 215
 — — Benetzung 219
 — — Dispersion 219
 — — Grenzfläche 218
 — — Teilchengröße 216
 — — verstärkende Wirkung 214
 — — Verstärkung 216
 — — — Mechanismus der 223
 Kautschuk-fußbodenbelag 1145, 1153
 — — Einschneiden einer Platte aus
 1176
 — — Füllstoffe bei 1147
 — — Kalandrierung von 1152
 — — Klebmassen bei 1171
 — — Mischvorgang bei 1150
 — — Oberfläche der Unterseite bei
 1166
 — — Randabschrägung von 1176
 — — Reinigung von 1177
 — — Untergrund bei 1167
 Kautschuk-fußbodenbelag, Ursache der
 Markierung und deren Verhinde-
 rung 1156
 — — Verlegung von 1175
 — — gifte 240
 — — Schutz gegen 400
 — — glas 1563
 — — harz 414
 — — heftpflaster 689, 791
 — — -Kohlenwasserstoffe, Künstliche
 Isomere der natürlichen 1559
 — — — Kondensationsprodukte mit Hilfe
 von Benzylchlorid 1573
 — — — Sensibilisierung der 1524
 — — konservatoren 1538
 — — -Latex 9
 — — maschinen 137
 — — Antriebswelle unten gelagert
 158
 — — Auswägen 147
 — — Rollenlagereinbau 161
 — — — rückwärtige Antriebswelle 157
 — — Siebe 144
 — — Staubabscheidung 148
 — — Trockenapparate 142
 — — mischplatte, Belegen der Metall-
 teile mit einer 1347
 Kautschuk-mischungen, Analyse von
 87
 — — Bestimmung von Goldschwefel
 in 81
 — — — — Zinnober in 81
 — — Härte von 242
 — — Lagerung der 1101
 — — Reißfestigkeit von 213
 — — Steifheit von 242
 — — Temperaturerhöhung im Dauer-
 betriebe 274
 — — Wärmeleitfähigkeit 274
 — — — Widerstandsenergie von 214,
 227
 Kautschuk-pflaster 791
 — — Alterung des 799
 — — Analyse des 803
 — — Binden, elastische 796
 — — Definition des 791
 — — Fabrikation der 792
 — — gelbes 793
 — — Paraplaste 791
 — — Salbenmullen 791
 — — Schnellverbände 795
 — — Weichmacher für 803
 — — pflasterungen, Fabrikanlage zur
 Herstellung 1195
 — — — Geschichte 1195
 — — prüfer Bauart Schopper-Dalén 109,
 114
 — — prüfung, Chemische 1
 — — Technische 101

- Kautschuk-regenerat 349
 — — Ausgangsstoffe für die Massenherstellung von 354
 — — Weltausfuhr an 351
 — — Weltverbrauch an 350
 — regeneration 343
 — spielzeuge, Fabrikationstechnologie der aufblasbaren 936
 — — Historisches über 907
 — stoffen, Analyse von 86
 — straßen 1183
 — — Staubfreie 1183
 — — Technische Notwendigkeiten zur Herstellung erfolgreicher 1194
 — vulkanisate, Beschleunigte Alterungsprüfung der 1541
 — — Konservierungsmittel für 1536
 — Wandwölbung 1166
 Kautschuk-waren, Getauchte 953
 — — Hilfsstoffe für die Herstellung der 13
 — — Kerbzähigkeit von 127
 — — Mikroskopische Prüfung von 89
 — — Nahtlose 953
 — — Heißblutt-Vulkanisierschrank für 966
 — — Kaltvulkanisation von Tauchartikeln 960
 — — — Kaltvulkanisieranlage 962
 — — — Lösetrommeln 955
 — — — Lösungsknetter 955, 956
 — — — Rändern der Tauchartikel 960
 — — — stehendes Rührwerk 956
 — — — Tauchapparate 956
 — — — Vulkanisierrechen 963
 — — — Warmvulkanisation von Tauchartikeln 964
 — — Spezifisches Gewicht von 88
 Kay-Schuh mit Absatz 1493
 Kelley-Maschine 251
 Kerbzähigkeit 236, 258
 — und Alterungsschutzmittel 266
 — Begriff der 128
 — Einfluß der Füllstoffkonzentration auf die 262
 — — — Vulkanisationstemperatur auf die 265
 — — — von Erweichungsmitteln auf die 264
 — und Mastikationsgrad 265
 — Messung der 258
 — von Mischungen 260
 — und Prallelastizität 267
 — Reißweg, verknöteter 261
 — Ruß und Kaolinmischung 260
 — — verstärkende Wirkung 259
 — — Vulkanisation 265
 — — Zusammenhang mit anderen Festigkeitseigenschaften 266
 — probe nach W. Heidensohn 129
 Kerbzähigkeitsprobe nach C. Zimmermann 129
 Kernring, Geteilter 510
 — Clincherreifen 461
 — methode 509, 512
 — reifen 518
 Kettenmoleküle 1514
 Kettenstich-Sohlendurchnämaschine 1070
 Kettfäden 1234
 Keuchhustenpflaster 798
 Kieferprothese, Vollständiges Wachsmo-
 dell einer totalen 1411
 Kieselgel 832
 Kieselgur 411
 Kisten, Öffnen der 138
 — Verwendung der 139
 Kitten 399
 Kjeldahl-Verfahren 5
 Kleb-bänder 414, 689
 — massen 399
 — nähte 924
 Kloakenschläuche 430
 Knetgummi 675, 684
 Kniehebelpresse 1331
 Kohlensäure, Bestimmung der 69
 Kollergang 1266
 Kolophonium 414
 Kondensation, Rückgewinnung des Lö-
 sungsmittels durch 1272
 — -Destillations-Verfahren 810
 — -Umluft-Verfahren 811
 Konfektionieren der Radiergummi-
 platten 678
 Konkavitätsfaktor 213
 Konservenringe 409
 — Fabrikation 424
 Konservenverschlußmassen 1510
 Konservierungsmittel für Kautschuk-
 vulkanisate 1536
 Kontraktionsbremse 1367
 Kornfreiheit des Zinkoxyd 32
 Koronaschutz 1303
 Koronawirkung 1303
 Korsetts 1209
 Kotflügel 650
 Kratzen-bänder 727
 — stoffe 131
 — tücher 689, 703, 726
 Kreide 236
 Kreismesser 108
 Kreuz 1234
 — band 1234
 — gewebe 484, 592
 Kristallsauger 953
 Kronenverschlüsse, Einlagescheiben
 für 1510
 Kruppischer V 2 A-Stahl 428
 Kühler, Auflage der 649
 — abfederung 649
 — befestigung 649

- Kugel-druckhärteprüfer 126
 — fabrikation 442
 — fallprobe 116
 — prüfverfahren von Brinell 126
 Kugeln, Massive 835
 Kunst-gummi 685
 — leder 767
 — — dubliertes 777
 — — aus Faser-Bindemittel-
 Gemischen 768, 780
 — — Friktionsverfahren für 773
 — — Gaufrage des 774
 — — mit Gewebeunterlage 768
 — — Lackieren des 775
 — — Streichverfahren von 770
 — velour 783
 — — Blumengewebe 783
 — — Bürstenmaschine 788
 — — heißvulkanisiert 787
 — — Herstellung des 785
 — — auf Kautschukbasis mit einer
 Haftschicht auf Basis Leinöl 789
 — — auf Kautschukgrundlage 787
 — — — Latexbasis 788
 — — — Papiergrundlage 790
 — — — Textilpulver 783, 790
 Kunstvelourmaschine 784
 Kupfer, Bestimmung des 19
 — in Geweben 690
 — ammoniakmethode 82
 — bestimmung, Quantitative 19
 — konstanten 527
 — nachweis, Qualitativer 19
 — zerstörung 1533
 Kupplungen aus gummiertem Gewebe,
 Biegsame 656
 Kupplungs-beläge 1386, 1387, 1388
 — — Gespritzte Art von 1387
 — ringe 441
 — — Vulkanisierform für 441
 — scheiben 658
 — — Prüfmaschine für 1406

L
 Laced double tube tire 455
 Lackieren, Vorrichtung zum 723
 Lackier-maschine 1034
 — raum 1032
 — tisch 1033
 Laevulinaldehyd 1513
 Laevulinsäure 1513
 Lager-bock 654
 — kisten, Entnahme aus 147
 — — Verwendung von 145
 Lagerung 147
 — von 2-Takt-Motoren, Vordere 654
 Laktonbildung 1523
 Laschen, Aufleben von 1028
 Lamp-black 30
 Lampligh-Sitz 665

 Latex, Alterung des 1509
 — Ammoniak, Flüssiger 1433
 — Analytische Prüfung des 10
 — Anwendungsgebiete für 1509
 — Art und Gehalt an Präservierungs-
 mitteln 11
 — Auswahl der Füllstoffe bei 1440
 — Ballonstoff 1470
 — zur Bereifung 1450
 — Bestimmung der anorganischen Be-
 standteile im 1438
 — — — Oberflächenspannung von
 1438
 — — — organischen Bestandteile im
 1438
 — — des Alkalis im 1436
 — — — Gesamttrockengehaltes 1435
 — — — Kautschukgehaltes von 1436
 — Bremsbeläge 1504
 — Chemische Prüfung von 1434
 — Cordstoffes, Schema eines latex-
 getränkten 1451
 — Dublierung mit 1463, 1464
 — Filz, Imprägnieren von, mit 1510
 — Flaschenringe aus 1150
 — Formen von schaumigem 1120
 — Gegenstrom - Schnellmischer für
 1446
 — Gehalt an Rohkautschuk 10
 — Gewebe, Herstellung schußfreier
 1451
 — Gießen von schaumigem 1120
 — Gummi im Automobilbau 1457
 — — — Eisenbahnbau 1457
 — — in Schleifscheiben 1508
 — Gummfäden 1501
 — Gummi-fußboden 1496
 — — isolierte Leitungen 1503
 — — kurzwaren 1492
 — — schuhwerk 1492
 — — straßen 1499
 — — transportbänder 1466
 — — treibriemen 1466
 — Haftmasse 1457
 — Hartgummi 1505
 — — auskleidungen 1506
 — — Hohlkörper 1478
 — — für Injektionsmassen, Verwendung
 von 1511
 — — It-Platten 1504
 — — Jutegeweben, Imprägnieren von,
 mit 1510
 — — Kaschierung mit 1463, 1464
 — — in der Kaugummi-Industrie, Ver-
 wendung von 1511
 — — Kautschuk-derivate 1509
 — — — pflaster 1478
 — — Kerbzähigkeit von 1490
 — — zur Klischeeherstellung 1511
 — — Koagelbestimmung von 1437

- Latex, Künstlicher 1366
 — Kunstleder 1471
 — Kunstvelour 1477
 — Mischwesen bei 1439
 — Natürlicher 1433
 — mit Ölemulsionen, Verbindung von 1511
 — Oxydation des 1509
 — in der Papierindustrie, Verwendung von 1511
 — Patentgummi 1492
 — Pflaster, Ungleichmäßiges 1500
 — bei photographischem Kopierpapier 1511
 — Prüfung auf allgemein schädlich wirkende Fremdstoffe 12
 — Radingummi 1458
 — bei Reibungselementen 1389
 — Rundfäden aus 1249
 — Schlauchherstellung mit hitzeempfindlichem 1455
 — Schuhform 1493
 — Schwammgummi 1495
 — Schwammkautschuk direkt aus 1117
 — Spezifisches Gewicht des 10
 — Spielbälle 1478
 — Stabilitätsbestimmung von 1437
 — Streichmaschine 1460, 1462
 — — wanne 1460
 — — waren 1459
 — Tauchartikel aus 968
 — Technische Gummiwaren aus 1453
 — — Prüfung von 1438
 — Thixotroper 1489
 — Tränken der Drahtwülste in 1451
 — Trichterermühlen für 1446
 — Verarbeitungsmethoden von 1439
 — Verseifbares im 12
 — Vierkantfäden 1501
 — mit Viskose, Vereinigung von 1511
 — Viskositätsbestimmung des 12, 1438
 — Vornahme der eigentlichen Mischung von 1445
 — wetterbeständige Farben mit 1511
 — Zahngummi 1508
 Latex-Kautschuk gebundene Kunst-
 korkplatten 1510
 — klebstoffe 1510
 — — in der Buchbinderei 1518
 — — — Furnierindustrie 1510
 — — — Kartonagenindustrie 1510
 — — — Schuhindustrie 1510
 — — — Sperrholzindustrie 1510
 — Konzentrate, Durch Aufrahmung gewonnene 1433
 — — — einfache Verdampfung gewonnene 1433
 — — — Filtration gewonnene 1433
 — — — Zentrifugierung gewonnene 1433
 Latex-konzentrationsmaschine 1448
 — liquid ammonia 1433
 — — mischungen, Altgummi in 1449
 — — — Faktis in 1449
 — — — Regenerat in 1449
 — — — stark sensibilisierte 1479
 — — — für Streichzwecke, Mittelstark gefüllte 1443
 — — Rohmaterialien 1433
 — schwamm angewandte Formen, Bei der Herstellung von 1121
 — — herstellung, Schaumschlagmaschine für 1119
 — — Tauchverfahren 605
 — — teilchen, Außenhüllen der 1514
 Latices, Synthetische 1434
 Laufflächen 512
 — — Anzugsmoment 489
 — — dessins 488
 — — einlagen 511, 513, 593
 — — Kalandrieren von Lenogewebe für 598
 — — formen 489
 — — mischungen, Moderne 579
 Laugen, Widerstand gegen 296
 — — beständigkeit 91
 — — extrakt, Alkoholischer 1551
 Lederol 727
 Ledertuch, Amerikanisches 769
 Lefcaditis-Cotton-Methode 259
 Leim 62
 — — bestimmung 83
 Leime 407, 410
 Leinöl 377, 415
 Leistungsfaktor 286, 1290, 1292
 Leitungen, Prüfung von kautschukisolierten 93
 Leitfähigkeit 274
 Lenkrad, Biegsames 660
 Lenogewebe für Laufflächeeinlagen, Kalandrieren von 598
 Leukoplast 792
 Leyland Block 1197
 Lichtbeständigkeit 97
 Lichtbogenschweißung 1349
 Lichtrißbildung 1538
 Lindemann-Verfahren, Vulkanisation nach dem 1103
 Litzen 1209
 Lochbälle 857
 Lösemittel, Beladbarkeit von Aktivkohlen mit 825
 — — Rückgewinnung von 805
 Löslichkeit, Einfluß der Vulkanisation 294
 Lösungen, Analyse von 87
 — — für Streichgewebe 692
 Lösungsbenzin II, Gereinigtes 51
 — — benzol, Gereinigtes 51
 — — mittel 49

- Lösungsmittel, Eigenschaften der 806
 — — Extraktion der Muster mit 70
 — — Organische 424
 — — Rückgewinnung der 805
 — — Sättigungswerte einiger 812
 — — Schläuche zum Durchleiten or-
 ganischer 437
 — — Verhalten gegenüber 6
 — verfahren 361
 Lokomotiven, Gummidichtungen an 642
 Lokomotivseitenpuffer 621
 Luftballons 911
 Luft-druckreifen 535
 — durchlässigkeit 290
 — kissenventil 457
 — pumpenschläuche 424
 — schiffe, Lenkbare 749
 Luft-schläuche 551
 — — Abwickeln der Stoffstreifen von
 Holzdornen 562
 — — Einwickeln eines Schlauches auf
 einen runden Dorn 565
 — — Erzeugungsmethoden 554
 — — Hitzebeständigkeitsprüfung der
 1556
 — — Materialien 551
 — — Mischungen, Hitzebeständige
 298
 — — Pneumatischer Dampfpleiß-
 apparat für 570
 — — Prüfen der 571
 — — Auf die Schlauchmaschine ge-
 zogene 560
 — — Schrägschneiden mit der „Allen“-
 Maschine 567
 — — Ventile für 573
 — — Vulkanisation der Stöße am
 dampfgeheizten Dorn 568
 — — unter Dehnung, Wasserprüfung
 für 571
 Luftschlauch-regenerate (Tube) 373
 — — vulkanisation 561
- M**
- Magnesia carbonica 411
 Magnesium-Ammonium-Phosphat 1434
 Mangan, Bestimmung des 20
 — in Geweben 690
 Marmormehl 671
 Marshall-Verfahren 1113
 Martensprobe 1315
 Marzetti-Methode 278, 306
 Maschine, Auswahl der 318, 328
 Maschinen-bälle 836
 — -Ballmacherei 838
 — ballnaht 845
 — patente 467
 Massewalzen 434
 Massivbälle 835, 852
 Massiv-Lastwagenreifen für die In-
 dustrie 547
 Massiv-reifen 535, 585
 — — Achsenbewegung 548
 — — Aufbau des Querschnitts 546
 — — Carmont 537
 — — Einschneiden infolge von Über-
 lasten 547
 — — Einteilung der Typen 535
 — — Erzeugungsmethoden 549
 — — Hohlraumtypen 540
 — — Kelly-Springfield 537
 — — Moderne 542
 — — Stahlband für industrielle Fahr-
 zeuge 547
 — — Swinehart 537
 — — Typen, abnehmbare 539
 — — auf Felge und Rad, Verbindung
 der 589
 — — form 550
 — — patente 468
 Masterbatches 1219
 Mastikation, Einfluß der 308
 — Praxis der 317
 — Veränderung der Festigkeitseigen-
 schaft durch die 317
 — bei verschiedenen Temperaturen
 311
 — effekt beeinflussen, Faktoren, die
 den 309
 Mastizieren durch Ausspritzen 150
 Matten 415, 443
 — maschine 1465
 Mehrfachnahtbälle, Maschinell her-
 gestellte 868
 Mercaptobenzothiazole 241
 Metallbekleidung 1353
 Metall-eignung zur Kautschukbeklei-
 dung 1351
 — einlage, Gummifeder mit 632
 — reinigung 1349
 — teile mit einer Kautschukmisch-
 platte, Belegen der 1347
 — vorbereitungen 1347
 Methode Frank-Marckwald 77
 — Henriques 63
 — nach Saladini 66
 Methoden von Konek und Pennock
 Morton 66
 Micellar-Theorie 1513
 Michelin-Triebwagen 508
 Micronex 230
 Mieder 1209
 Mikro-Kjeldahl-Verfahren 5
 Milchzieherbälle 857, 858
 Mineral-bestandteile, Bestimmung der
 in Salzsäure löslichen 69
 — — Direkte Bestimmung der 77
 — öl 407
 — — Raffiniertes 671
 — — Verhalten gegen 91
 — — reiches, Stoffe des 13
 — -Rubber 33, 240, 409, 970

- Mischer, Geschlossene 164
 — — Zeituhr 166
 Mischungen, Abkühlen 328
 — Arbeitsmethoden 330
 — Festigkeit vulkanisierter 328
 — Herstellung von 155, 302
 — — auf einem Walzwerk 331
 — Klebrigkeit der rohen 285
 — Löslichkeit der rohen 284
 — Ozonbeständige 1301
 — für Streichgewebe 691
 — technische 404
 — verschiedener Farbe 169
 — Vulkanisieren technischer 415
 Mischungs-stoffe, Spezifische Beeinflussung der 246
 — — im Kautschuk, Verhalten der 207
 — — wesen 207, 575
 — — Antioxydationsmittel 578
 — — Beschleuniger 576
 — — Regenerat 578
 — — Verstärkung 577
 Mittelpufferkupplung für elektrisch betriebene Fahrzeuge 620
 Modellmischungen 403
 Mosaikgummi 681
 Motoranlage, Gummi in der, nicht-metallische Verbindung 651
- N**
- Nadeleindruckprobe 1315
 Nadelholzteer 409
 Naphthalin 414
 Nasenspritzen 857, 858
 Neonlampenkabel 1278
 Nervwert 278
 New Jersey Zinc Co.-Maschine 251
 Nitrosodimethylanilin, p- 241
 Non-Collapsible Tubular Tire 540
 Normalisierung und Prüfung 640
 North British Block 1199
 — — Patent Rubber Roadway Block 1202
- O**
- Ober-blatt 1006, 1016
 — — kalender 1000
 — — — Bauart 1000
 — — — Beschickung 1001
 — — — Einstellung 1002
 — — — Lauffuch 1002, 1003
 — — — Platte 1000
 — — — Temperierung 1002
 — — — Vorwärmung 1001
 — — platte 1002
 — flächenbindung, Stärke der 221
 — flächenschutz 1530
 — flächenspannung des Kautschuks 218
 — kette 1234
- Ober-kiefer, Fertiges Wachsmo-
 dell des 1410
 — — prothese, Vulkanisationscuvette
 mit Abguß 1411
 Ocker 400
 Öle 411, 424
 — Mineralische 407
 Öl-eindickungsverfahren 1034
 — festigkeit 716
 — -Harzlacke 398
 — kautschuk 375
 — lacke 52, 398
 Offsetdruck, Drucktücher für 689, 703
 Ohrenspritze 857, 858, 1481
 Oktadienring 1513
 Oleum Lini sulfuratum 376
 Oliermaschine zum doppelseitigen
 Streichen 1451
 Olivin 1252
 Onazöte, Kompressionsversuche an
 Muster 1116
 Opanken 991
 Operationshandschuhe 953
 Overman-Cushion-Reifen 613
 Oxyroceumpflaster 798
 Oxydation des Kautschuks 1514
 — von vulkanisiertem Kautschuk 1519,
 1531
 Oxydierende Einflüsse, Beständigkeit
 gegen 91
 Ozokerit 407
- P**
- Packungsfeinheit 403
 Palmer Cord 454
 Palmer's „All Warp“ Gewebe 470
 Palmitinsäure 415
 Papier-holländer 1390
 — pappenmaschine 1390
 Paraffin 34, 407
 — öl 407
 — — Aufschluß mit 79
 Parallelplatten-Methode 278, 304
 — -Plastimeter 305
 Paramount-Ballmaschine 840
 Parfümzerstäuberbälle 859
 Partialvalenzen 1513
 Pasten, Analyse von 87
 Patentgummi 969
 — — Blockpressen 972
 — — Plattenschneidemaschine 972
 — — Riffelkalender 975
 — — — zur Herstellung imitierter Pa-
 tentplatten 974
 — — Rundschneidemaschine 973
 — — Schlauchlehre 976
 — — Vulkanisation von 976
 Patentplatte 969
 Pech 409
 Pedal-gummi 413

- Pedal-klappe aus Gummi, Aufzieh-
bare 659
 — öfFnungen, Abdichtung der 664
 Pendel-hammer, Bauart Schob 118
 — — probe 116
 — schlagwerk 1315
 Perforiermaschine 1323
 Permeabilimeter 763
 Peroxyde 1517
 Peroxydasen 1519
 Peroxydbildung 1514
 Personenwagen, Bewegliche Verbin-
dungen an den Kopfstücken von
641
 Personenwagenkästen, Gummi an 640
 Personenwagenreifen 491
 Pessare 969
 Petroleumschläuche 430
 Pflanzenöle, Nichttrocknende 671
 Pflaster, Medikamentöse 791, 796
 — Stärkende 798
 — Warmgestrichene 791
 — Zusammensetzung der medikamen-
tösen 798
 Pflasterstoffe 131
 Pfeumer-Verfahren 1113
 Phenole 1538
 Phenyl- α -Naphtylamin 400
 Phenyl- β -Naphtylamin 400
 Philips-Becher 55
 Pickettventil 458
 Pine tar 34, 412
 Ping-Pongschläger, Deckplatten für
910
 Pirelli-Luftkammerreifen 613
 Plastikats, Erzeugung gleichmäßigen
322
 — Lagerung des 313
 Plastizierung, Trockene 368
 — mittel 368
 Plastizität 275, 327
 — und Anbrennen 281
 — Begriff der 303
 — Erhöhung der 279
 — und Erweichungsmittel 277
 — und Faktis 280
 — und inerte Füllstoffe 276
 — und Kühlwassertemperatur 313
 — der Masse und der Fellstärke, Zu-
sammenhang zwischen der 323
 — der rohen Mischung als Funktion
der Walzdauer 264
 — und pulverförm. Ingredienzien 275
 — und Regenerat 280
 — des Rohgummis, Einfluß der Er-
hitzung 308
 — der Rußmischungen 276
 — und Scorching 281
 — und Versteifungsmittel 280
 Plastizitäts-änderungen durch Alte-
rungsschutzmittel 281
 Plastizitäts-änderungen durch Be-
schleuniger 281
 — bestimmung 340
 Plastometer-Prüfmethoden 405
 Platin — 10% Rhodium 527
 Platte, geschnittene 969
 Platten 415
 — Herstellung von 443
 — formkalanders 1383
 — herstellung, Endlose 1491
 — kalender 1000, 1005
 — ziehkalanders 1006
 Plisséhaube 987
 Pneumatik-Hochdruck-Lastwagen-
Reifen 493
 — — -Omnibusballonreifen 493
 — räder 609
 — reifen 535
 — — Dampf-Vulkanisierpresse 520
 — — Einlagen und Gummierung 496
 — — -Entwurf 475
 — — Erzeugung des 509
 — — Konstruktion 496
 — — Polster 499
 — — — gummi 511, 513
 — — Seitenwände 512, 514
 — — Theorie des 473
 — — Verbindung des Wulstkernes 499
 — — Vorteile 495
 — — Vulkanisieren von 525
 — — Wulstkern 497
 Poliermaschine 1334
 Polstergummi 511, 513
 Polster-Vollgummireifen 612
 Poly-Oxy-Kautschuk 1577, 1579
 Polystyrole 1514
 Polyvinylacetat 1514
 Poly-Zyklo-Kautschuk 1582
 Potentiometer 527
 Präservative 953
 Prallelastizität 271
 — von Kautschukmischungen 273
 — — Rußmischungen 272
 Preßartikel 1324
 Preßform für durchbohrte Gummi-
pfropfen 441
 — — — massive Gummipfropfen 441
 Preßluftschläuche 424
 Preventol 1445
 Primärvulkanisation 1521
 Profilgummi, Fabrikation von 424
 Profilkalander 183, 1000, 1003
 Profilschnüre 415
 Prokatalytische Substanzen 1530
 Protektorschutzstreifen 485
 Prüffeld, Chemisches 2
 — für Fertigwaren, chemisches Labo-
ratorium als 57
 — Mechanisches 2
 Prüfung auf Ammoniakbeständigkeit 91
 — — Beständigkeit gegen Salze 91

- Prüfung auf Durchschlagsfestigkeit 93
 — — Gasdichtigkeit 92
 — — Gebrauchsfähigkeit 90
 — — der Isolierfähigkeit 93
 — von kautschukisolierten Leitungen 93
 — auf Laugenbeständigkeit 91
 — — Säurebeständigkeit 90
 — — Verhalten beim Erwärmen 92
 — — — gegen fette und Mineralöle 91
 — — — in der Kälte 92
 — — Widerstandsfähigkeit gegen Chlor, Brom, Jod 91
 Prüfwagen 1405
 Pudern mit Glimmer 710
 — — Kartoffelmehl 709
 — — Magnesiumkarbonat 710
 — — Maismehl 709
 — — Mica 710
 — — Roggenmehl 709
 — — Talkum 710
 — — Zinkstearat 710
 Puder-maschine 710
 — material für Patentgummi 975
 — vorrichtung für Elektrizstoffe 724
 Puffer an Stahlgüterwagen, Französische Bahn 625
 Pyrolprobe 1518
- Q**
 Quellungsmittel, Beständigkeit der Mischung gegen 292
 — Verhalten gegen 6
 — und Härte, Zusammenhang zwischen Beständigkeit gegen 293
 Quimbys Reifen 452
- R**
 Rad, Mit Gummi gepolstertes 633
 Radsatz, Kompletter, des Austro-Daimler-Schienentriebwagens 610
 Radsätze, Gummigefederte 610, 611
 Radier-gummi 669
 — — Abfälle 673
 — — Adhäsion 669
 — — Alterungsschutzmittel 674
 — — Beschleuniger 673
 — — Fraktionen des Erdöls 671
 — — Geprägte 684
 — — Halbmond 681
 — — Marmorierter 675, 679
 — — Regenerat 673
 — — Schrägschneidemaschine 681
 — — Tips 675
 — — Universalqualitäten 675
 — — platten, Herstellung der 677
 — — — Konfektionieren der 678
 — — — Schneidemaschine, Automatische 678
 Radier-gummi, Stempelmaschine 679
 — — -Trommel 679
 Radier-mittel 672
 — — Leichtzerreibliches 669
 — — wirkung 669
 Rag-gummi 992
 — — mischung 1005
 — — platten 1000
 — — platte, feindiamantierte 1005
 Regenerate 255, 407, 578, 673
 — Bestimmung des freien Kohlenstoffs, 36
 — Eignung der verschiedenen 639
 — Formen und Handelsbezeichnungen der 373
 — Prüfung und Begutachtung 374
 — Verschiedene (Miscellaneous) 373
 Regenerat-lösungen 371
 — — Verdampfung der 367
 — weltverbrauch 351
 Regenerierverfahren 357
 Reibungs-elemente 1378
 — elementen, Anwendung von natürlichem Latex bei 1389
 — — Anwendung künstlicher Kautschukdispersion bei 1392
 — — Kautschuk in 1361
 Reifen, Behandlung des Gewebes für 595
 — double tube 459
 — Einführung des hochelastischen 535
 — Endlose 538
 — Heißluft in 530
 — Hochelastische 540
 — mit Hohlräumen, Hochelastische 535
 — Innenanstrich des 514
 — Jefferys Trommel zur Erzeugung von 460
 — Trommel zur Erzeugung von 463
 — Turners endloser 538
 — Wheelers endloser 538
 Reifen-basis, Aufvulkanisierte 539
 — bestandteile 510
 — einlagen, Gewebeherstellung für 599
 — erzeugung, Stoffe in der Prüfung der Gleichmäßigkeit 592
 — — — Sortierung 592
 — — Verwendung von Stoffen 591
 — -Erzeugungsmethoden 512
 — fabrikation, Gewebeherstellung für die 599
 — -Formheizung 521
 — gewebes, Besichtigung des 599
 — konstruktion 481
 — teile, Bezeichnung der einzelnen 512
 — vulkanisation, Schmiermittel für die 517
 Reinbenzol 50

- Reingummimischung, Abhängigkeit der dielektrischen Eigenschaften 287
 Reise-Irrigator 862
 Reiß-festigkeit 214
 — — von Rußmischungen 230
 — — — Ruß und Kaolinmischung 260
 — verschlußstreifen, Einkleben von 1029
 — weg, Verknoteter 201
 Reithoffer-Luftkammerreifen 613
 — — mit durchlaufendem Hohlraum 613
 Reparaturpatente 467
 Reversion 1539
 Reversionswirkung 1547
 Revertex 1365, 1390, 1433
 — Tränkmaschine 1467
 Rex-Pulling-over-Machine 1067
 Riemen- und Band-Vulkanisations-
 presse in Säulenkonstruktion 744
 — presse, Einhäufige hydraulische 744
 — tuch-Frictionsaggregat 740
 — -Vulkanisierpresse, Hydraulische 743
 Rill's Wulstbefestigung 469
 Ring-Modul-Probe 340
 Röntgenhandschuhe 955
 Rohballes, Erzeugung des 836
 Roh-gummi 674
 — — mastizieren 302, 319
 — — Pulverförmiger 1511
 — kautschuk, Chemismus der Oxyda-
 tionsvorgänge am 1517
 — — Depolymerisation von 1531
 — — in fester Handelsform 3
 — — Induktionsperiode bei 1517
 — — Klebrigwerden des 1518
 — — Leimigwerden des 1518
 — — Sauerstoff-Depolymerisation 1517
 — — durch Verarbeitungsversuche,
 Bewertung des 9
 Rohkautschuk in Mischungen, Direkte
 Bestimmung von 83
 Rohmaterialannahme 146
 Rohmaterialvorbereitung 137
 Rola, System 664
 Rollenprüfstand 125
 Roll Tester 764
 — verdeck 666
 Roßhaaren, Herstellung von latex-
 überzogenen 1511
 Rostgummi 675
 Rotationsdrucktücher 689, 703
 Rubber Roadway Block, North British
 Patent 1202
 — Sundries 979
 Rubberducks 729, 769
 Rüböl 415
 Rüböl-Faktis 377
- Rückgewinnung, Streichmaschinen mit 697
 Rüttelsiebe 1264
 Rund-faden 1213, 1241
 — — aus Latex 1249
 — schleifmaschine 1320
 Runzelbildung 1525, 1528
 Ruß 30, 228, 255
 — Adsorptionsverhalten 31
 — Beeinflussung der Vulkanisation
 durch 229
 — Mineralischer 229
 — P. 33 229
 — Reißfestigkeit von 260
 — — — Mischungen mit 247
 — Schüttgewicht des 31
 — Sichtfeinheit 30
 — Verhalten des in Gummimischungen 31
 — Wassergehalt 30
 Russel-Effekt 1530
 Russenstiefel 991
 Rußmischungen, Anfangsteil der Zug-
 dehnungskurven von 245
 — — Härte von 243
 — — Reißfestigkeit von 230
 — — Steifheit von 244
 — — Widerstandsenergie von 231
 Rußsorten, Färbvermögen der 31
- S**
- Säure, Widerstand gegen 296
 — beständigkeit 90
 — festigkeit 716
 — schläuche 424, 435
 — verfahren, Mitchell'sches 358
 Salonbälle 835, 853, 969
 — geklopfte Nähte 854
 Salpa 1475
 Salze, Beständigkeit gegen 91
 Sandwich-Type 647
 Sauger, Formen für 958
 Schädlichkeitsgrenzen 1533
 Schärfmaschine 1016, 1017
 Schalldämpfer aus Schwammgummi in
 Luftschiffkabinen 1131
 Schaulinienzeichner Bauart Schob 115
 Schaumkautschuk 1085
 Scheibenwischer 665
 Schellacke 398
 Schienen-laufräder 609
 — reifen, Michelin 507
 — — Pneumatik- 506
 — triebwagen der Deutschen Wag-
 gonfabrik A.G. Uerdingen 611
 — — mit Gummibereifung 608
 Schippel Effekt bei Schwerspat 222
 Schläuche zum Durchleiten organischer
 Lösungsmittel 437
 — Entlüften der 572
 — Entwickeln der geraden 562

- Schläuche für Farbspritzapparate 438
 — Gerollte 454
 — Herstellung gewickelter 429
 — mit Naht 557
 — Prüfgestell für 571
 — Schrägwickeln der 562
 — Spleißen der 567
 — Verpacken der 572
 — Zusammensetzen mit Kaltvulkanisation 568
 Schlagbiegeprobe 1314
 Schlagversuch 104
 Schlauch-dichtungsmittel 584
 — enden, Aufrauhern der 567
 — — Abschrägen der 566
 — maschine 193
 — — gezogene Luftschläuche, auf die 560
 — — mit Speisewalze 1319
 — maschinenkapsel für Innendrähte 550
 — mischungen, Moderne 580
 — regenerat 367
 — reifen 462
 — — Herstellung der 460, 461
 — — patente 465
 — ringe, Fabrikation 424, 426
 Schleif-massen, Kautschuk als Bindemittel von 1415
 — scheiben, Kautschukgebundene 1416
 Schleudergummi 910
 Schmierabteilung 1020
 Schmierung eines Krupp-Kalanders 189
 Schneidemaschine, Automatische Radiergummi- 678
 — — für Ringe und Scheiben aus Gummiplatten 444
 Schnellpresse, Doppeltwirkende 1329
 Schnüre, Einfache 1276
 — Fabrikation der 424
 — Gummibedeckte 1276
 — Gummiisolierte 1276
 Schnurringe 441
 Schopper-Diagrammapparat nach Prof. Schob 111
 Schraderventil 458
 Schrägabschneider 200
 Schrägschneiders, Transportable Abnahmevorrichtung eines 199
 Schrägstreifenabnahme 197, 198
 Schreibblasen 911, 953
 Schreibmaschinengummi 675, 683
 Schürfmaschine von Nall-Tyler 559
 Schürzen 162, 979
 — aufgabeapparat, Kontinuierlicher 163
 Schüttelsieb 144
 Schuhe, Lackieren der 1032
 — mit angenähter Gummisohle 1071
 Schuhe mit anvulkanisierter Sohle 1065
 Schuh-teile, Einstreichmaschinen für 1022
 — werk, Oberblattmischungen für schwarzes und farbiges 1077
 — — — — weißes 1078
 — — — — Sohlenmischungen für 1078
 — — — — schwarzes und farbiges 1076
 Schußfaden 1234
 Schutzkolloide 1433
 — Schwäche alkalische 1434
 Schwämme, Herstellung geformter 1107
 — — Unter Preßdruck vulkanisierte 1106
 Schwamm-bälle 835, 852
 — gummi 1085
 — — Akkumulatorenscheider aus 1131
 — — Auflagen für Hospitäler 1131
 — — Filter-Diaphragmen aus 1131
 — — im Karosseriebau 643
 — — Kissen aus 1131
 — — Matten für Badezimmer 1131
 — — Polsterungen aus 1131
 — — Schalldämpfer in Luftschiffkabinen 1131
 — — Schwimmkörper für Marinezwecke 1131
 — — Sitze aus 1131
 — — Stoßdämpfer-Platten aus 1131
 — — Toilettenschwämme aus 1131
 — — Vibration des 1138
 — — Wärmeisolatoren in Kühlanlagen 1131
 — — bälle zum Tauchen, Aufstecken von 853
 — — körper, Geformte 910
 — kautschuk 1081
 — — Alterung 1142
 — — Alterungsprüfung 1555
 — — Anwendungen von 1131
 — — Blähmittel bei 1092
 — — Erweicher für 1091
 — — Herstellung von 1086
 — — direkt aus Latex 1117
 — — Mischungstypen für 1087
 — — physikalische Charakteristika 1131
 — — Stoßdämpfung des 1138
 — — Typische Mischung des 1096
 — — Vibrationsdämpfung des 1138
 — — Vulkanisationsmethoden des 1102
 — — Weitere fabrikatorische Manipulationen von 1109
 — — als Wärme-Isolator 1141
 — — sorten 1085
 — — -Spielbälle 1131
 — — Spielzeug 1131

- Schwamm-kautschukunterlagen für Fußbodenbeläge 1131
 — struktur, Einfluß verschiedener Beschleuniger auf die 1089
- Schwefel 38
 — Abhängigkeit der dielektrischen Eigenschaften einer Reingummimischung von der Menge des gebundenen 287
 — Arsenbestimmung 38
 — Aufnahme von 288
 — Bestimmung der Asche von 38
 — Bestimmung des an Metalle gebundenen 68
 — — — Feinheitsgrades nach Chancel 39
 — — von Selen 39
 — Bituminöse Stoffe 38
 — Feuchtigkeitsbestimmung 38
 — Gehalt an Eisen 39
 — bestimmung nach Butironi 66
 — — — Kahane 65
 — — — Rothe (R) 64
 — chlorür 40
 — — Bestimmung der Siedekurve von 41
 — dosierung 300
 — säure-Zyklo-Kautschuke, Chemische und physikalische Eigenschaften der 1589
- Schweißblätter 689
- Schwerspat, Schipfel Effekt bei 222
- Schwimmkörper aus Schwammgummi für Marinezwecke 1131
- Schwimmspielzeuge 945
- Scorching, Plastizität und Verzögerung des 283
 — -Tendenz als Funktion der Schwefeldosierung 301
- Seekabel 1279
- Seiberling-Cycle-Tire-Wrapping-Maschine 461
- Seifen 1434
- Sektionenreifen 542
 — North British Rubber Co. 543
- Selen 43, 257
 — Bestimmung 67
 — oxyd 43
- „Semperit“ Spezialreifen 610
- Sensibilisierung des Kautschuk-Kohlenwasserstoffs 1524
- Serpentinasbest 1251
 — Hauptfundstätten für 1252
- Sheridan-Cowper Block 1206
- Shewinnegan-Ruß 229
- Siebttest 1265
- Siebung 147
- Siedegefäß 26
 — punkt-Bestimmung der Benzol-Kohlenwasserstoffe 27
 — verhalten 25, 26
- Signalkabel 1279
- Silberhansaplast 796
- Silent-Bloc-Einheit als zusätzliche Federung 645
- Silent Bloc-Elemente 645, 646, 652, 658
 — — — Nichtmetallische Verbindung mittels 651
 — — — Zusatzfederung 645
- Silica-Gel zum Absorbieren 1272
- Silica-Gel-Verfahren 833
- Silvertown Cord 471
- Singler-Holt-Maschine 251
- Sitz mit Gummiunterlage 638
- Sitzkissen 860
- Skimmen 703 705
- Sohlen 419, 1018
 — Mustergravierungen für 1005
 — -Anpreßmaschine 1070
 — kalander 1003, 1004
 — platte 1006
 — schneidemaschine 1078
- Sonnenrisse 1528
- Sortiersiebe 1260
- Soxhlet-Becher 55
- Spaltbreite 315
- Spaltmaschinen 357
- Speckgummi 675
- Speziälschläuche 574
- Spiel-bälle 835
 — ballons 953
 — zeug-Tauchfigur 1491
 — zeuge, Aufblasbare 921
 — — deren Charakter durch Gummi bedingt ist 910
 — — Einteilung der 908
 — — Hohlwandige 1483
 — — Hohlwandige in Formen hergestellte 912
 — — Konstruktion der aufblasbaren 929
 — — Massive in Formen hergestellte 912
 — — Mischungen für 913
 — — Velourierte 952
 — — Wesen der 907
- Spiralstruktur 1521
- Split-Laced double tube Bicycle Tire 461
- Sporen 1018
- Spreader nach Shaw 204
- Spreadingmaschine 689
- Sprettuch 1221
- Springspielzeuge, Elastische Elemente für 909
- Spritz-gut, Struktur 193
 — maschinen 189
 — — mit Kugellager, Kleine 191
 — — Schneckenbauart 190
 — — Schraubentypus 190

- Spritz-maschinen, Vorrichtung zur
 Temperaturreglung an 192
 — — mit zwei Füllöffnungen 192
 Sproul-Evans-Maschine 251
 Stärke 62
 Stahlfederpaket 643
 Standardisierung des Tennis-Balles und
 seine Prüfung 863
 Standard-Maschine zum Prüfen von
 Asbestsorten 1265
 Stanz-maschine 839
 — messer von Schopper 107
 — presse von Schopper 107
 Stapelmaschine 138
 Steam-Jacketed Formen 559
 Steifheitsindex 1547
 Stein Doppel Cushion 541
 Steinflachs, Karpasischer 1251
 Steinkohlenteerpech 33
 Stempelmaschine, Radiergummi- 679
 Stempelpresse 1334
 Sterilisierbarkeit 716
 Stickstoffbestimmung 5
 Stidder, Patent von 541
 Stockalite 233
 Stoffbänder 1015
 Stoffe, Appretierte 690
 — Chirurgische 689
 — Gummierte 689
 — Kaltvulkanisierte 723
 — Organische 14
 — Vulkanisierte 131
 — Warmvulkanisierte 725
 — In Wasser lösliche 4
 Stoff-einlage, Weichgummigegegenstände
 ohne 134
 — vulkanisiermaschine, Kontinuierliche
 718
 — zuschneiderei 1013
 Stoßdämpfer-Platten aus Schwamm-
 gummi 1131
 — — profil 648
 Stoß-dämpfung des Motorfahrzeuges
 643
 — elastizität 104
 — versuche 116
 — vorrichtung, Anwendung des Gum-
 mis in 616
 — — mit gleichmäßig verteilter Last-
 aufnahme, Vereinigte Zug- und 619
 Straight-line Maschine, Zweistufige
 152
 — side-Reifen 470, 472
 Straining-Prozeß 148
 Stramindecke, Fortlaufende Umschläge
 mit 740
 Strandschuhe 991
 Strandspielzeuge 945
 Straßen-Schienen-Fahrzeug, L.M.S.R.
 636
 Streckelastizitätsproben 114
 Streckversuch 104, 114
 Streichen 699
 Streich-gewebe, Lösungen für 692
 — — Mischungen für 691
 — — maschine 201, 689, 693, 694
 — — nach Bridge, Vertikale 204
 — — Doppellängige geneigte 205
 — — mit Rückgewinnung 697
 — — Schema der 695
 — messer 695
 — — Doppelseitiges 203
 — tuch 1221
 — walze 695
 Streifenschneidmaschine von Nall-
 Tyler 559
 Strumpfbänder 1209
 Substitute 375
 Suédines fantaisies 789
 — in Schwefelchlorürdampf vulkani-
 siert 787
 Sulfidschwefelbestimmung, Apparat
 zur 68
 Sulfo-Poly-Zyklo-Kautschuk 1590
 — säuren 1523
 — Zyklo-Kautschuk 1589
 — — — aus afrikanischen Kautschuk-
 sorten 1592
 Sulfurimeter von Chancel 41
 Sun-cheking 1524
 — -cracking 1524
 Super-Ageing-Prinzip 301
 — ballon 491
 — Spectra 228, 230
 Suspensorien 969
- T
- Tachometer, Geräuschloser 662
 — geräusch 662
 Tambour 422
 Tamburinspiele 851
 Tauch-apparate 956
 — — ohne Rückgewinnung 957
 — — artikel, Kaltvulkanisation der 960
 — — aus Latex 968
 — — Rändern der 960
 Tauchen, Kautschukbekleidung durch
 1346
 Taucheranzüge 730
 Tauchmethode, Amerikanische 1487
 — prozeß 604
 Tearing Resistance 258
 Teer 407, 409
 — öle 407
 Teigkalander 697
 Teilchengröße 216
 Temperatur, Einfluß der 315
 — beständigkeit des Kautschuks 1338
 — regler, Automatische 418
 Tender, Bewegliche Verbindungen
 zwischen Maschine und 640
 — Gummidichtungen am 642

- Tender und erstem Wagen, Bewegliche Verbindungen zwischen 641
 Tennis-bälle 835, 863, 910, 1482
 — — — Aufbringen beider Segmente 882
 — — — des ersten Segmentes 882
 — — — Aufrauhen der Balloberfläche 881
 — — — Cox-Maschine 869
 — — — Dunlop-Verfahren 871
 — — — Faltung der Kalanderplatte für die Gray-Maschine 872
 — — — Gray-Maschine 873, 877
 — — — Heizpresse für überzogene Bälle 883
 — — — Bemerkungen zur Herstellung, Allgemeine 877
 — — — Herstellungsverfahren (von Hand) 865
 — — — Kantengestaltung 875
 — — — Lauton-Maschine 869
 — — — Molton Cloth 878
 — — — Petal-Maschine 877
 — — — Plattenpresse für die Vulkanisation 867
 — — — Prüfungsmaschine von W. und T. Avery 865
 — — — „Röhrenmethode“, Faltung der Kalanderplatte für die 873
 — — — Segmentformen, gebräuchliche 880
 — — — Segmenthalter 881
 — — — Sektionen, Verbindung zweier 866
 — — — Stevens-Maschine 864
 — — — Überseepackung 884
 — — — Überzug 878
 — — — Vorrichtung für Dampf-vulkanisation der 867
 — — — Zusatz zur Gray-Maschine für Röhrenmethode 874
 — — — ringe 862
 — — — schuhe 991, 1062
 — — — mit anvulkanisierter Crepe-gummisohle 1069
 Terracottabälle, Rote 835
 Terra di Siena 400
 Textilstoffe 53
 Theratomic-Ruß 230
 Thermax 229
 Theorie von I. T. Blake 224
 Thermoelement 527
 Thermoprene 1593, 1594
 — — als Anstrichfarben 1596
 — — — Lacke 1596
 Thermopren-Auskleidungen 1597
 Thermo-Sulfo-Zyklo-Kautschuk 1591
 Thiokol-Latex 1434
 Thiokol 294, 1305
 Thiurame 241
 Thomasreifen 453
 Tiefbettfelgen 450, 472
 Tillingastreifen 453
 Timkenlager für schwere Belastung 160
 Tintengummi 675
 Tips 675
 Titanoxyd 32
 Titanpigmente 235
 Toiletteschwämme 1098, 1102
 Toluol, Gereinigtes 51
 Tonsil A. C. 1584
 Tornesit 1564
 — — als Anstrichmittel 1566
 — — — Rostschutzmittel 1566
 — — — Verwendung von 1567
 — — — lacke 1567
 Torrey cyclone 1257
 Totalprothese, Fertige 1412
 Tragachse 609
 Tragräder 609
 Transparente Schläuche für Irrigatoren 969
 Transportbänder 735
 — — — Qualitätsprüfung fertiger 746
 Traumaplast 795
 Treibmittel 838
 Treibriemen, Qualitätsprüfung fertiger 746
 Treppenbeläge 1164
 Tricoplast 796
 Trikot 703
 — — zwischenblattes, Aufkleben des 1028
 Trittbretter, Belag der 649
 Trockner mit rotierendem Dampfmantel 143
 — — vom Schaufeltypus 143
 Trommel, Type einer 516
 — — methode 509
 — — — Erzeugung von Reifen nach der 511
 — — reifenerzeugung 515
 Tropfenfestigkeit 716
 Tropfpunktapparat 23
 Thropsche offen geheizte Form 522
 Türpufferkappen aus dünnem Messingblech 663
 Turnschuhe 991, 1062
 — — mit angenähter Gummisohle 1062
 — — — anvulkanisierter Gummisohle 1062
 — — — Aufleisten der 1067
 — — — Aufzwicken von 1067
 — — — Besatzstreifen 1063, 1068
 — — — Diamantierte Gummisohle 1063
 — — — Fersenkappe 1063, 1065
 — — — Futtersohle 1063
 — — — Gelenkbrücke 1063, 1068
 — — — Gummiband 1063
 — — — Lasche 1063, 1065
 — — — Oberteil der 1064
 — — — Ösenverstärkung 1063, 1065
 — — — Schaft 1063, 1064

- Turnschuhe, Verstärkungsbänder 1063, 1068
 — Verzierungsband 1063, 1065
 — Zehenkappe 1063, 1068
 — Zusammenbau der 1063
 — Zwischensohle 1063, 1068
 Tuschgummi 675
- U**
 Überlasten, Einschnelden infolge 547
 Überschuhe 991, 995
 Überzugsmittel 52
 Ultrabeschleuniger, Vorrichtung zum Behandeln mit 723
 Ultraviolettlicht, Beschleunigte Alterungsprüfung mit Hilfe von 1549
 Umbra 400
 Uniongummi 675, 681
 United States Rubber Co.-Machine 251
 Universalgummi 669
 Universalqualitäten 675
 Unterkette 1234
 Unterseekabel 1304
 Urinale 969
 Uterex 1433
- V**
 Vakuumschläuche, Herstellung 424
 Vaseline 34
 Vaselineöl 407, 671
 Velourmaschine bei Verwendung von Latex 789
 Ventilpatente 468
 — schäfte 574
 — schläuche 424, 969
 Verbandbatist 689
 Verdeckstoffe 666
 Verkrackung, Oxydative 1514
 Verschleißwiderstand des Kautschuks 1339
 Verstärkung 216, 577
 Verstärkungstreifen 484
 Vertikalöffner 1266
 Verunreinigungen, Mechanische 4
 Vibrationsdämpfung 647
 Vicatprobe 1315
 Vierkantfäden 1214
 — — — Düsenquerschnitte für 1502
 — — — walzen-Kalander 185, 189, 1001
 — — — Arbeitsweise eines 188
 — — — Stellvorrichtung der beiden oberen Walzen eines 179
 — — — Profilkalander 189
 — — typ 178
 Viskose, Vereinigung von Latex mit 1511
 Viskosimeter nach Engler 21
 Vogel-Ossag-Viskosimeter 21
 Vollgummireifen, Hochelastische 612
 Voltolisierung 1584
 Volumenzunahme 221
 Vorbrecher Typ 174
 Vorderradbremse 1379
 Vorwerk-Elasticreifen 612
 Vulcanol 241
 Vulkanlockverfahren 1599, 1600
 Vulkanisate, Alterung gewebehaltiger 1553
 — Chemisch-analytische Methode der Alterungsprüfung der 1551
 — Spezielle Alterungserscheinungen der 1524
 Vulkanisation, Batterie, schwache 529
 — Erdschluß mit offenem Stromkreis 528
 — Heißluftschrank für kontinuierliche 722
 — Lötstellen, heiße 528
 — — kalte 529
 — Potentiometerverbindung 529
 — durch die Ruße, Beeinflussung der 229
 — Schaltungen 528
 — Standard-Schaltung 528
 — — zelle 529
 — Thermoelektrische Wärmemessung 526
 — in Formen 418
 Vulkanisations-cuvette 1411
 — koeffizient 86
 — methoden des Schwammkautschuks 1102
 — mittel 37
 — theorien, Chemische 1520
 — vorrichtung, Doppelwirkende 714
 Vulkanisieren in Pressen 421
 — von Gummispielzeugen 942
 Vulkanisiermaschine, Schema der Patent- 719
 — presse, Vertikale 521
 — vorrichtung für Elektrizstoffe 724
 Vulnoplast 795
 Vultexverfahren 1466
- W**
 Wachsalkohole 407
 Wachsmoell einer totalen Kieferprothese, Vollständiges 1411
 Wärme, Spezifische 274
 — flasche 861
 — isolationsvermögen des Kautschuks 1338
 — isolatoren aus Schwammgummi in Kühlanlagen 1131
 — leitfähigkeit des Kautschuks 1338
 — probe, Trockene 92
 — wirkung, Alterung unter 1556
 Wagenverdeckstoffe 589, 729
 Waggonaufbau, Anwendung des Gummis beim 616

- Walze, Kühleinrichtung einer 159
 — Stellung des Streichmessers 695
 Walzen, Energieverbrauch beim 315
 — Fabrikation von 424, 432
 — Fellstärke beim 323
 — Kräfteverhältnisse beim 315
 — Kühlung beim 159
 — Plastische Veränderung beim 307
 — Spaltbreite beim 323
 — Technik des 324
 — Temperaturverteilung beim 323
 Walzdauer, Batchgröße und die 321
 Walzenlager, Wassergekühltes 161
 Walzprozeß, Handhabung des 320
 Walzspalt 322
 — verfahren bei kautschukgebundenen Schleifscheiben 1418
 — vorganges, Kontrolle des 339
 — werke, Elastische Kupplung für 159
 — — mit doppeltem Antrieb 156
 — — mit einfachem Antrieb 157
 — — — Schürzen 329
 Warmvulkanisation 716
 Warmvulkanisierte Stoffe 725
 — — Wagenverdeckstoffe 729
 Waschöl 825
 Waschverlust 6
 Wasser-absorption, Elektrische Eigenschaften und die 286
 — bälle 835
 — bestimmung, Vorlage zur 17
 — dichtigkeit, Prüfung gummierter Stoffe auf 734
 — lösliche Anteile (R), Bestimmung der 61
 — schläuche, Herstellung der 424
 — spielzeuge 952
 — — mit Ballast 946
 — — — Konstruktionsstabilisierungen 946
 „Watch-Case“ Form 523, 559
 Weich-gummi, Bedeutung der einzelnen Versuchsarten 105
 — — Techn. Prüfung von 102
 — heitsindikator 166
 — kautschuk, Zellularer 1116
 — — abfälle 345
 — machens, Abkühlung während des 149
 Weinschläuche 409, 430
 Weißöle 671
 Welchs Clincher 452
 Well base 450
 Werner & Pfleiderer Knetter 170
 — — -Maschinen, Bemerkungen über 173
 Wickelmaschine 716
 Widerstandsenergie 211
 — Abnutzungswiderstand als Funktion von 255
 — von Kautschukmischungen 227
 Widerstandsenergie von Rußmischungen 231
 Wildlederersatz 779
 Wilkinit 1393
 Williamsmethode 278
 Williams-Plastimeter 305
 Windelhosen 689, 979
 — Zuschnitt der 984
 Winkelmann-(Goodrich-)Methode 259
 Wirtschaftsschürzen 979
 Wölbung, Konstruktion der 485
 Wollfett 407, 414
 Woodsches Ventil 458
 Wulst 516
 — Form 483
 — Größe 483
 — Isolierung 483
 — ansatz 476
 — ausführung 477
 — breite 482
 — fahnen 483
 — heizform 497
 — kern 476, 482, 497
 — — Verbindung des 483
 — — durchmesser 483
 — — höhe 483
 — reifen, Herstellungsweise von 460
 — schutzstreifen 484, 511, 513
 Wunderverbände 795
- X**
- Xanthate 241
 Xylol, Gereinigtes 51
- Z**
- Zackenrolle 1023
 Zahlsteller 442
 Zahn-fleischimitation 1407
 — gummi 1407
 — prothesen 1409
 — spritzenbälle 857, 858
 Zell-Hartkautschuk 1112, 1116
 — — 1085, 1111
 — -Luft-Kautschuk 1123
 Zermürbungs-festigkeit 273
 — prüfer nach Martens 119
 — versuch 105
 Zerreiß-maschine 111
 — versuch 103
 — — Probestellen für den 106
 Zierschürzen 979
 Zink-oxyd 32
 — — Kornfreiheit 32
 — — -Kautschukpflaster 792
 — — pflaster 796
 — weiß 233
 — — anisotrop (Acicular) 260
 — — nicht anisotrop (Non acicular) 260
 — — Gegenüberstellung eines gewöhnlichen und eines kolloidalen 234

- Zink-oxyd, Verhalten des 255
 — — H H-Red 233
 Zinnober 32, 402
 Zündkabel 1278
 Zuführung, Kontinuierliche, von Bändern oder Streifen 176
 Zug-Dehnungs-Charakteristik 210, 224
 — Dehnungskurve, Beeinflussung der 211
 — festigkeitsprüfer für Weichgummi im Bureau of Standards 111
 — stangenfedern bei Lokomotiven 618
 — vorrichtungen, Anwendung des Gummis in 616
 Zusatz-feder auf jedem Ende der Halbelliptik-Drehgestell-Achsfedern 622
 — gummfedern, Lokomotive-Treibachse, einzeln abgefedert mit 623
 — stoffe Allgemeine Untersuchung auf Schädlinge wie Kupfer und Mangan und lösliche Eisensalze 18
 — — Allgemeines über die Arbeitsweisen der Untersuchung 15
 — — Einzelne allgemein gebräuchliche Arbeitsmethoden und Geräte 16
 — — Erstarrungspunkt 24
 — — Erweichungspunkt 24
 Zusatz-stoffe, Feuchtigkeitsgehalt 17
 — — Flammpunktbestimmung 22
 — — Siedeverhalten 25
 — — Spezifisches Gewicht fester und flüssiger Körper 16
 — — Verhalten beim Auskochen mit Wasser 18
 — — Verhalten beim Glühen 18
 — — Zähigkeitsbestimmungen 21
 — — zum Aufbau der Kautschukwaren 13
 — tragfeder für Lokomotivachsen 623
 Zwei-kalandertrain 603
 — leiterkabel 1279
 — walzen-Mischwerke 155, 156
 — walzwerke für die Anwärmung des Kautschuks 155
 — — für die Mastikation des Kautschuks 155
 Zwickeln, Einkleben von 1028
 Zwischenleinen, Führung von Stoff und 702
 Zwischensohlen 1022
 Zyklisierung des Kautschuk-Kohlenwasserstoffs 1524
 — sprodukt, Schellackartiges 1595
 Zyklokautschuk 1581



Haubold

Gummimaschinen

seit Jahrzehnten in der Gummi-
Industrie eingeführt

S O N D E R H E I T E N :

Kalander

mit 2 bis 4 Walzen

Mahlwalzwerke

Waschwalzwerke

Mischwalzwerke

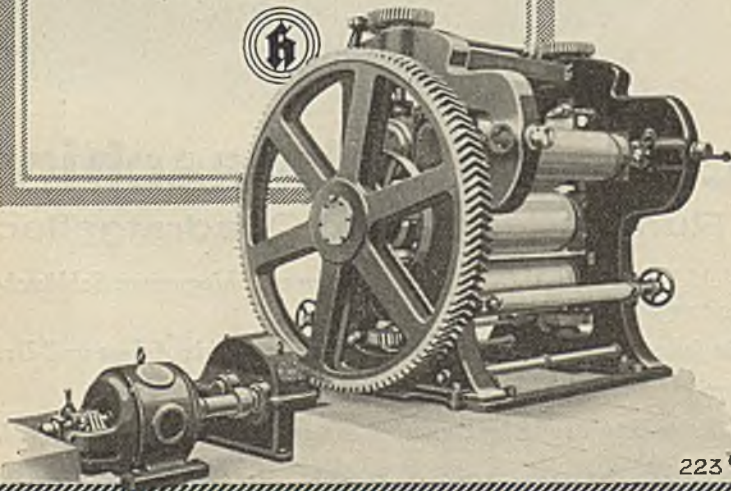
Sonderwalzwerke

für Li-Platten

Walzen-Schleifmaschinen

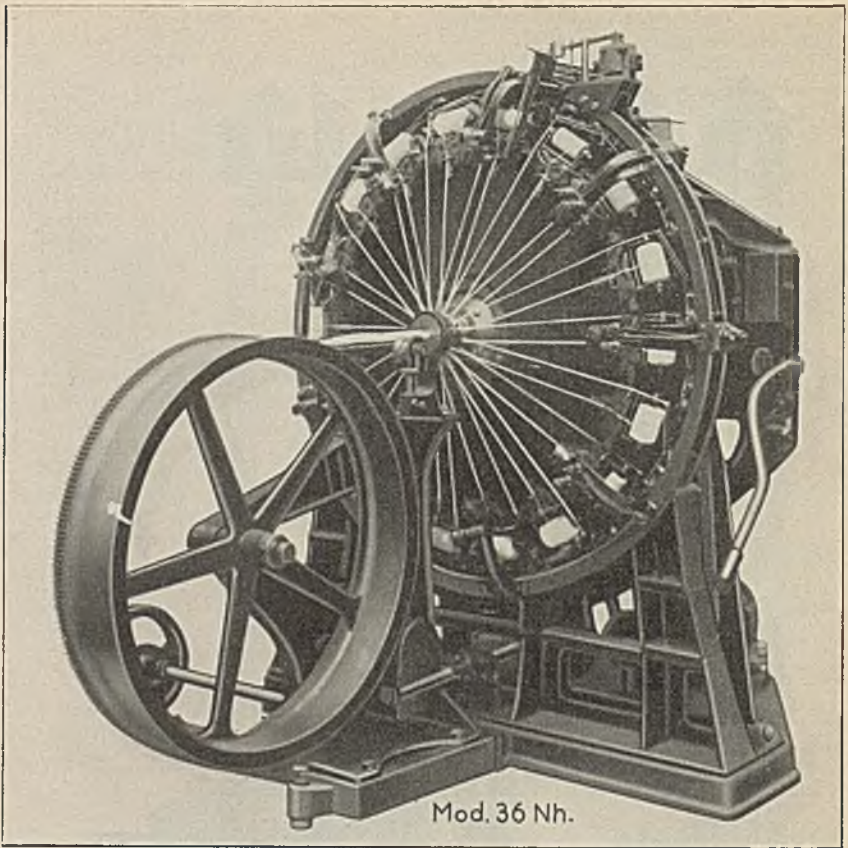
Zentrifugen

für gewaschene Abfälle



223^b

C.G. HAUBOLD A.G. CHEMNITZ



Mod. 36 Nh.

Schnellflechtmaschinen

für Rundgeflechte und Quadratgeflechte

*UMFLECHTUNG von starren und biegsamen Schläuchen,
Leitungsdrähten, Packungen*

*für jedes Flechtgut von Seide und Glanzgarn bis Asbest und Draht
vertikal und horizontal flechtend*

Längste Bewährung im Dauerbetrieb, größte Verbreitung, bester Ruf

Bis Mitte 1934 7000 Schnellflechter geliefert!



GUIDO HORN

Erste Schnellflechtmaschinenfabrik

Berlin-Weißensee 35



Beschleuniger

Alterungsschutzmittel

Riechstoffe

Form-Sprühmittel Taka und Tulex



Erweicher

Farben

Tuderstoffe

Gasruße aktiv und inaktiv

Regeneriersalz

für die Gummi- und Kabelindustrie liefern:

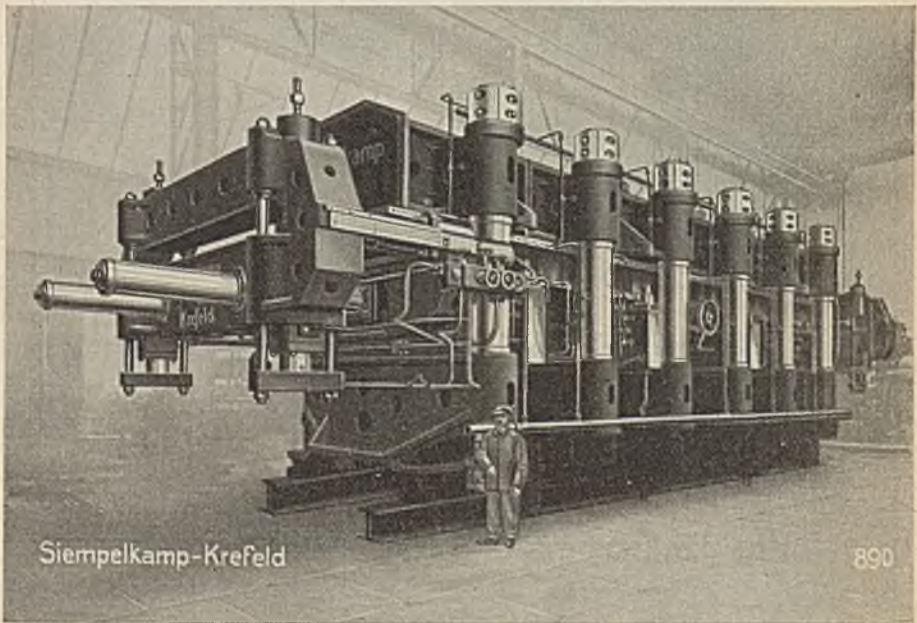
LEHMANN & VOSS & CO.M.B.H.

HAMBURG I

Anfragen erbeten

Wir liefern:

Riemen- und Matten-Vulkanisierpressen in Säulen- und Rahmenkonstruktion, heizbare Etagenpressen, Schwannenhals-Pressen, Formpressen, Spezialpressen für Sohlen, Absätze, Gummibälle etc., Pressen und Formen für Hartgummi, Autoklav-Pressen, Bleikabelpressen, Laboratoriumspressen, Heizplatten, hydraul. Druckanlagen (Pumpen-, Gewichts- und Luftdruck-Akkumulatoren)



Riemen- und Matten-Vulkanisierpresse, Heizplattengröße 9550 x 2550 mm, Preßdruck 10 Mill. kg

G. Siempelkamp & Co. + Krefeld

M a s c h i n e n f a b r i k

DER
neue ARCA-
Temperaturregler
für die
Vulkanisation

mit der **alten**
anerkannten Fabrikmarke



fördert die Wirtschaftlich-
keit Ihres Betriebes und
garantiert den höchsten
Regeleffekt mit den ein-
fachsten und daher zuver-
lässigsten Mitteln.

Er baut kleiner, leistet
mehr und kostet weniger

Verlangen Sie unsere Kataloge
und kostenlosen Ingenieurbesuch

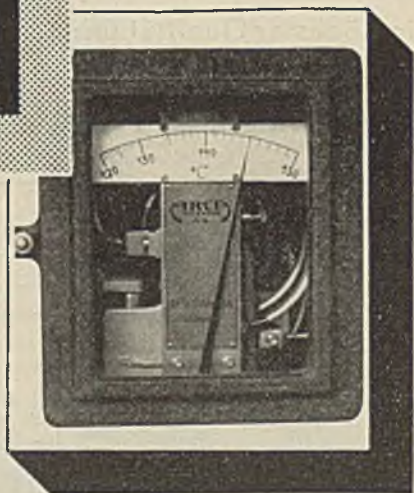


von

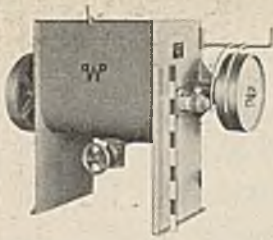
ungleichmäßiger
Fabrikation

zur

Qualität



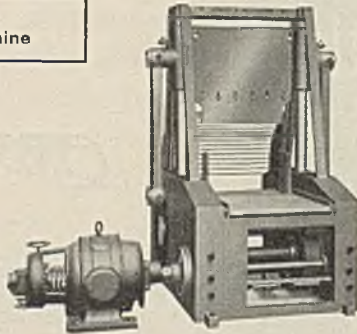
ARCA-REGLER AG.
Bln.-Schöneberg, Mühlenstr. 9b



Gummi-
Lösungs-Maschine



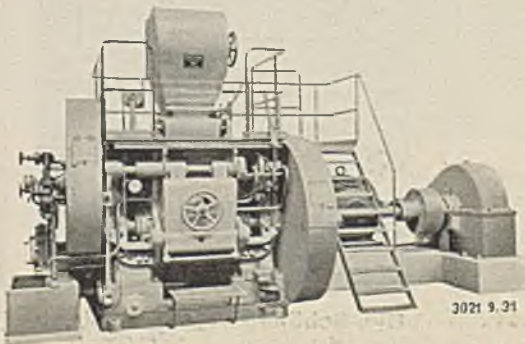
Hydraulischer Akkumulator
mit Druckluftbelastung



Mechanischer
Kautschukspalter

Spezialmaschinen für die Kautschuk-Industrie
in höchster Qualität und technischer Vollendung bauen

Werner & Pfleiderer



Hochleistungs-
Gummi-Knetter

Werner & Pfleiderer
Stuttgart · Bad Cannstatt
Berlin · Hamburg · Köln · Wien
Mailand · Oslo · Stockholm

VULKACIT

P, 774, P extra, Thiuram, Merkpto, 576, 576 extra, TR, F,
CT, DM, D, 1000, H, Ca, FP, J

Für Gummiartikel der Lebensmittelindustrie

1000, Thiuram, TR, Thiuram + J

Für Heißluftvulkanisation

Thiuram bzw. Thiuram + D, Merkpto + D bzw. Merkpto
+ H, DM + D (ohne Stearinsäure), F (ohne Stearinsäure)

Für Latexvulkanisation

P, 774 und die Kombinationen von P + 774

Für hellgefärbte Artikel

Thiuram, Merkpto, F, DM, H, Ca
Merkpto + H, DM + H

Alterungsschutzmittel

für helle Fabrikate: MB (Pulver)
RR 5 (Harz)

für dunkle Artikel: Aldolalphanaphtylamin-Harz
Aldolalphanaphtylamin-Pulver

Phenyl-beta-naphtylamin } gleichzeitig
Phenyl-alpha-naphtylamin } Ermüdungs-
schutzmittel



**I. G. FARBENINDUSTRIE
AKTIENGESELLSCHAFT
FRANKFURT AM MAIN 20**

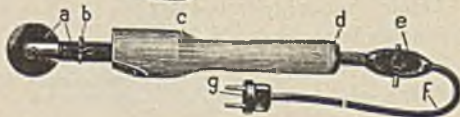
FAKTIS

verbilligt als **Plastikator** die Walzarbeit
verteilt als **Dispergator** die Füllstoffe
erleichtert **Frikions-** und **Spritzarbeits**
verhindert Zusammenfallen bei Freizeigung
schützt vor **Übervulkanisation** u. **Alterung**
spart **Lösungsmittel** in Gummimischungen

Wir liefern nur erprobte weiße, gelbe und braune Sorten!

Deutsche Ölfabrik Dr. Grandel & Co., Hamburg

Beachten Sie auch unsere Gummilacke und für Latexfabrikate unseren dispergierten Faktis, Faktex weiß und Faktex gelb



Werkzeuge
für die Gummi-Industrie

Verlangen Sie
Katalog Nr. 10a
Lieferant aller Gummiwerke



Albert Rauser, Berlin SW 61, Yorckstr. 59

G-S-T Fernregler für

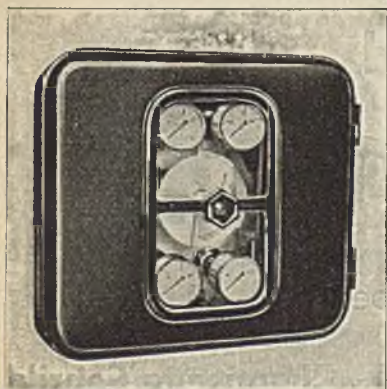
Vulkanisier-

Kessel, -Schränke,
-Pressen und dergl.
steuern selbsttätig

Ansteige-, Stand- und Entspan-
nungstemperatur in Abhängig-
keit von einer vorgeschriebenen
Zeit, öffnen und schließen Kühl-
wasserventile oder dergleichen
unter gleichzeitiger Betätigung
beliebiger Signalvorrichtungen.

Schaltwerke für Einzelheizer

schließen, verriegeln, fül-
len, heizen, entspannen,
entriegeln und öffnen
selbsttätig

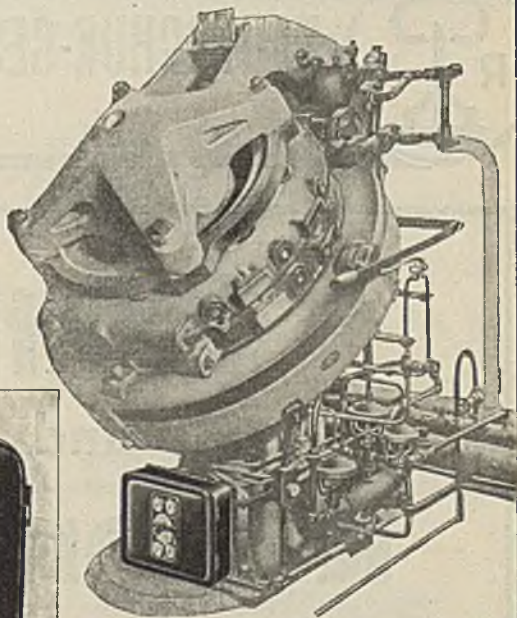


Verlangen Sie bitte Druckschrift 463 a/96

Programm- Regler

DRP. und Auslands-
Patente

Deutsche Präzisionsarbeit



**helfen Ausschuß
verhüten, also
Rohstoff sparen!**

**Gesellschaft für selbsttätige Temperaturregelung
Berlin - Wilmersdorf + Kaiserallee**

REVERTEX

ca. 75% ig konzentrierte Gummimilch

neuer Werkstoff für die

Kautschuk-Industrie

Textil -Industrie

Filz -Industrie

Kunstleder-Industrie

Auskunft erteilt unverbindlich:



KAUTSCHUK-GESELLSCHAFT MBH

Frankfurt a. Main

Faktis und Regenerat

liefern als Spezialität

Dubois & Kaufmann G. m. b. H. + **Chemische Fabrik**
Mannheim-Rheinau

Ihre Benzinverluste sind zu hoch!

80-90 % gewinnen Sie zurück beim Anschluß unserer

Supersorbon-Anlagen

(früheres Bayer-Verfahren)

Rückgewinnungskosten wenige Pfennige je Kilo Benzin

In einem Jahr ist Ihre Anlage bezahlt!

Verlangen Sie unsere Druckschrift AK 285

Lieferung der Anlagen:

für Deutschland durch:

Bamag-Meguin Aktiengesellschaft

Berlin NW 87, Reuchlinstraße 10-17

für andere Länder durch:

Lurgi Gesellschaft für Wärmetechnik m.b.H.

Frankfurt a. Main, Lurgihaus

**Zinnober echt,
Cadmiumfarben,
Bleiglätte,
Zinkstearat**

und alle anderen **FARBEN**

in allen Nuancen
für Heiß- und Kaltvulkanisation

liefern

G. SIEGLE & CO., GMBH
Farbenfabriken + STUTTGART 172

Maschinen

Pressen

Apparate

Formen

**für die
Herstellung
von**

**Velo-,
Motorrad-, Auto-,
Riesenreifen, Schläuchen**

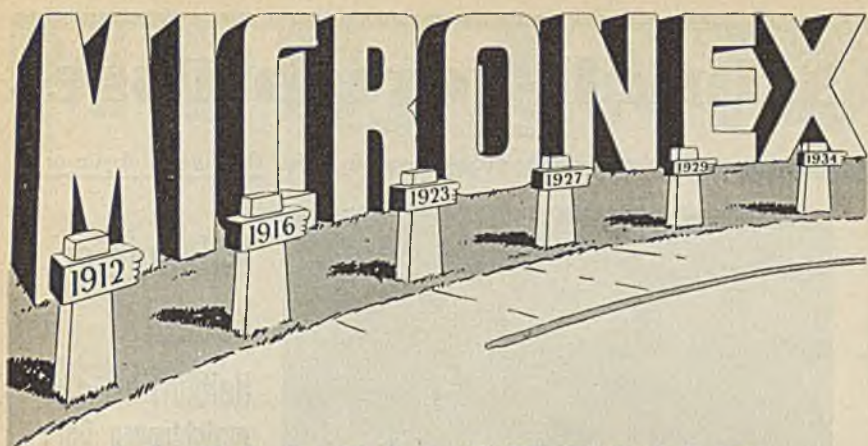
Flaschenschelben, Coddys-, Stopper- und Konserveningeringe, Hohlkörpern, wie Bälle, Duschen, Spritzen, Clysox, Hupen, Sohlen und Absätzen und allen technischen Artikeln, Riemen und Matten etc., Chirurgischen Artikeln, wie Wärmflaschen, Badehauben, Sitzkissen

Ferner:

Einwickelmaschinen und sonstige
Spezialmaschinen für die Gummi-Industrie

MAX MÜLLER **MASCHINEN-UND**
HANNOVER-HAINHOLZ **FORMENFABRIK**

FERNRUF
29151/52



MEILENSTEINE

1912 Erstmale Verwendung von Gasruß in Kautschuk.

1916 Einführung des gepreßten Gasrußes.

1923 Bahnbrechende systematische Forschungsarbeit über Gasruß.

1927 Entwicklung des staubfreien Gasrußes in kleiner Kugelform. (Durch Grundpatente geschützt.)

1929 Erstmale Einführung der Qualitätsprüfung von MICRONEX in Kautschukmischungen auf den Produktionsstätten.

1934 Wie bisher werden auch heute noch mehr Autoreifen mit MICRONEX erzeugt als mit irgend einem anderen Gasruß.

BINNEY & SMITH CO.

Spezialisten in Gasrußen, Stearinsäure, Mineralgummi und anderen Produkten für die Gummiindustrie
41 EAST 42nd STREET • NEW YORK CITY, N. Y.

Europäische Verkaufsbüros:

Binney & Smith & Ashby Ltd.
 17, Laurence Pountney Lane,
 LONDON, E. C. 4

W. Köhnk
 Pferdemarkt 45
 HAMBURG 1

Binney & Smith Co.
 18, Place des Vosges
 PARIS

Peter Freres
 64, Laaghe Rue Neuve
 ANTWERPEN

Alberto Peretti
 Foro Bonaparte 18-A
 MAILAND

Fernando Freije
 Patencia 17 Triplificado
 MADRID

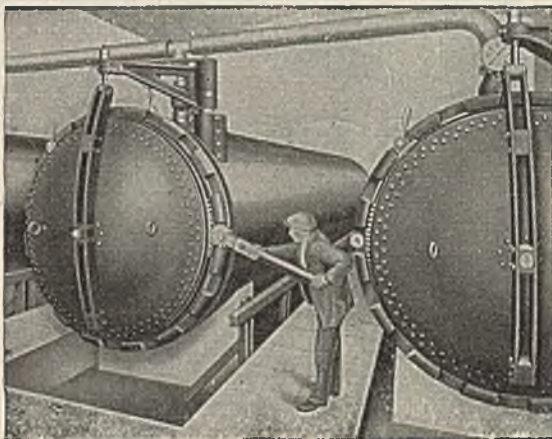
Binney & Smith Co.
 Gl. Mont 14
 KOPENHAGEN

Pieter Schoen & Zoon
 ZAANDAM

Schnell-Verschlüsse

(In- und Auslands-Patente)

mit zwangsläufig arbeitender Deckelverriegelung, daher absolut betriebssicher



**Vulkanisier-
kessel**

**Heißluft-Umwälz-
vorrichtungen DRP.**

**Maschinenbau
SCHOLZ & CO.
GOESFELD, Westfalen**

A black and white illustration showing a cross-section of a tire tread on the left, with a series of raised lugs. To the right, there are two rectangular mold plates. The top plate has several small, irregularly shaped cavities. The bottom plate has several elongated, curved cavities. The entire illustration is set against a dark background.

M. ECK NACHFG.
FRANKFURT A. M., Alte Rothofstr.
SCHNITT- UND FORMENBAU
FORMEN JEDER ART FÜR DIE
GESAMTE GUMMI-INDUSTRIE
VERLANGEN SIE ANGEBOTE



MONSANTO

VULKANISATIONS-BESCHLEUNIGER



PRODUKTE

FÜR DIE

GUMMI-

INDUSTRIE

- A-7)
- A-11) Aldehyd-Derivate
- A-16) von Schiffschen Basen
- A-19)
- A-32 Butyraldehyd-Butylidenanilin
- D. O. T. G. Diorthotolyguanidin
- D. P. G. Diphenylguanidin
- Thiotax Merkaptobenzothiazol
- Thiofide Benzothiazylsulfid
- Ureka Semi-Ultra-Beschleuniger vom Dinitrophenylthiobenzthiazol-Typ mit verzögert einsetzender Vulkanisationswirkung
- Ureka Weiß Semi-Ultra-Beschleuniger mit verzögert einsetzender Vulkanisationswirkung, für weiße Mischungen
- Thiuram-D. S. Tetramethylthiuramdisulfid
- Ultra-Zinc D. M. C. Zinksalz von Dimethyldithiocarbamat

ALTERUNGS-SCHUTZMITTEL

Flectol B und H — mit bester Alterungswirkung

ERWEICHER

- Tackol — zur Erhöhung der Klebrigkeit
- Cycline — Mischung verschiedener Oele
- A-5-10 — weiches Formaldehydanilin

EINSTREICHLÖSUNG für VULKANISIERFORMEN

R. S. L. Mould Paste

FARBEN

Organische Farbstoffe in brillanten Farbtönen für alle Arten von Vulkanisationen

THIOKOL (Handelsbezeichnung für Olefin Polysulfid) Alleinverkauf für Europa

WERKE IN :

RUABON

North Wales

SUNDERLAND

Co. Durham

St. Louis, Mo. USA

Nitro, W. Va. USA

MONSANTO

CHEMICAL WORKS LTD.

Victoria Station House

VICTORIA STREET, LONDON, SW1

Vertretung für

Mitteleuropa :

W. KÖHNK

Hamburg I,

Pferdemarkt 45

DIPL.-ING. ALFRED ARNDT

Früher in Fa.

Eisenwerk Gebrüder Arndt
Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Berlin N 65, Fennstr. 21

Maschinen für

Gummi

Kabel

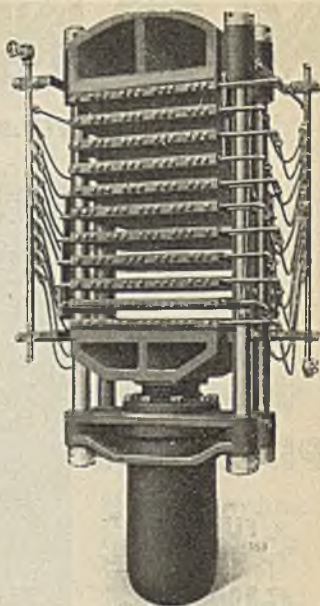
It-Platten

Balafariemen

Schallplatten

Federbandkupplungen

Original „Arndt“-Fabrikate seit mehr als
50 Jahren in der ganzen Welt bewährt



FORMEN

für die **Gummi-Industrie**

Spezialität:

Billigste Berechnung

Kürzeste Lieferzeit

Fachgemäße Ausführung

Absätze und Sohlen

Stahlformen in zweiteiliger und dreiteiliger
Konstruktion.

**Techn. und chirurg. Artikel, Fahrrad- und
Motorradgriffe Elektr. Isolier- und Hart-
gummi - Artikel, Bälle, Birnspritzen,
Clysos, Hupen usw. Badehauben, Wärm-
flaschen, Sitzkissen, Schriftstempel und
Gravuren, Absatzscheiben, Ansatzstifte,
Stanzmesser**

Eigene Gravier - Anstalt

Hildesheimer Formenfabrik

W. Dröge & H. Rinke, Hildesheim i. Hann. Fernruf 3809

Bitumen

vereinfacht die Aufbereitung
des Gummis

Bitumen

verbessert die Elastizität
des vulkanisierten Gummis



Bitumen

macht die Gummimischung
widerstandsfähiger gegen
Säuren und Alkallen

Bitumen

liefern die bekannten Firmen
in Harburg - Wilhelmsburg,
Ostermoor und Emmerich

RUSS

der AUGUST WEGELIN A.-G.
Köln a. Rh.



Alleinverkauf durch die DEGUSSA
Deutsche Gold- und Silber-
Scheideanstalt vormals Roessler
Frankfurt a. M. Postfach 107

OTTO JACHMANN A. G.

Abt. Gummi- und Kabelmaschinen

**Berlin-
Lichtenberg**

liefert:

Walzwerke

Kalander

Streichmaschinen

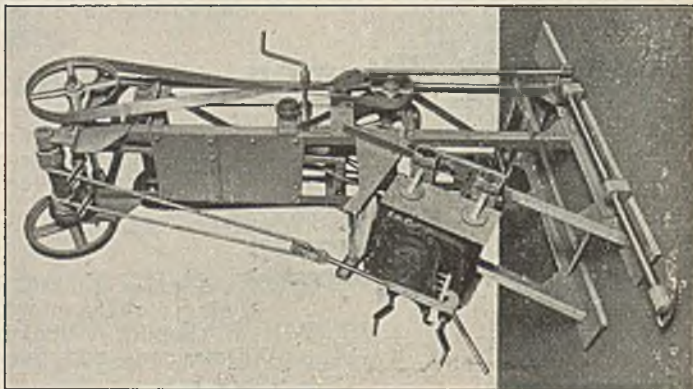
Schlauch-
maschinen

It-Platten-
Anlagen

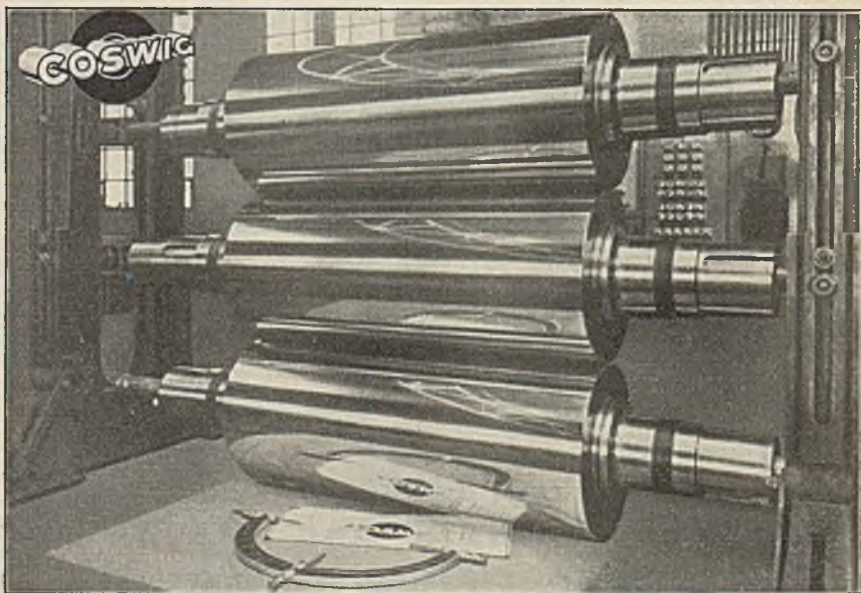
Maschinen für die
Herstellung von
Balata - Riemen

Pressen für
Schallplatten
usw.

Bitte fragen Sie
bei uns an!



Rohgummi-Abreibmaschine



Walzengießerei
EISENWERK COSWIG
Akt.-Ges. Dresden-A. 24

**Kokillen-
Hartgufwalzen**

für Kalander-, Misch- und
Mahlwerke bis zu den
größten Dimensionen

FAKTIS

FÜR ALLE ZWECKE IN BESTBEWAHRTEN SORTEN



SPEZIALFABRIK

DR. ALEXANDER & POSNANSKI
BERLIN-KÖPENICK

Gummimaschinen

in erstklassiger Ausführung

liefert

Hermann Berstorff

Maschinenbau-Anstalt GmbH

Hannover Postfach 388

Die **KARLSBADER KAOLIN-ELEKTRO-OSMOSE A. G.**

Kaufmänn. Büro: **Zefflitz bei Karlsbad**

Drahtanschrift: Edelkaolin Karlsbad, Fernruf: Karlsbad 217, 361, 1616

empfiehlt ihre seit Jahrzehnten bestens eingeführten

KAOLINE für die **Gummi-Industrie**

Marke **EDELKAOLIN, SK, SSK**

Vertreter für Deutschland:

Ferdinand Frotscher, keramische Rohstoffe, Bayreuth, Bayern
Fritz Zirner, Berlin-Friedenau, Kaiserallee 96
Rudolf Friesa, Koburg, Alexandrinenstraße 8
Josef Weimer, Montabaur, Westerwald

Vertreter für das übrige europäische Festland:

Julius Hochmann, Wien III, Ungargasse 27

Patent-Abfüllmaschine „PERPETUA“



zum Abfüllen von Klebstoffen
wie **Paragummi-Lösung**, Fischleim,
weiße Klebepaste, Gummi arabicum etc.
in Tuben, Dosen, Tiegel oder Flaschen

Garantiert gewichtsgleiche Füllungen!
Kein Beschmutzen der Emballagen
Leistung ca. 1000 Füllungen stündlich

Tubenschließapparate

Einfache Modelle für Handbetrieb und
kombinierte Apparate für Kraftbetrieb

ENGLER Maschinenfabriks-Ges. m. b. H.
Wien X (75) Oesterreich

GUMMI-SCHUHE

jeder Art

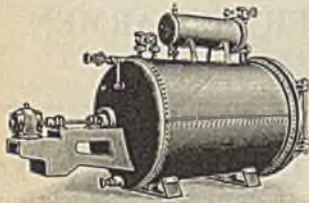
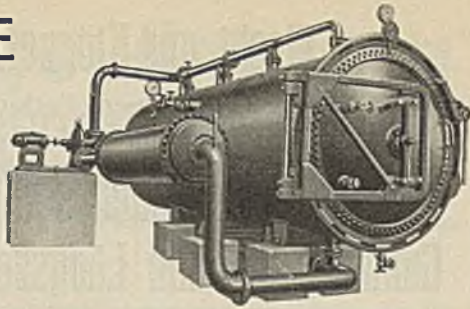
nur im



Engelke - Kessel

Type U. W. arbeitet

unter Garantie.



Gummiwaren jeder Art

nur im **Engelke - Kessel**

Type I. W.

mit Schnellverschluss u. innerer Umwälzung

Größte Zeitersparnis.

CONRAD ENGELKE, Hannover-Limmer 25

Größte Vulkanisierkesselfabrik Europas

Spezialität: Moderne **Regenerier - Anlagen**

Sie können Kosten sparen . . .

Verwenden Sie unser Leichtmetall für Ihre Vulkanisiergeräte. V LW- Leichtmetalle sind rostfrei, zäh und glatt. Dabei ist das Material schnell und leicht zu bearbeiten. Sie können es mit der höchsterreichbaren Schnittgeschwindigkeit drehen, fräsen, bohren. Es wiegt nur etwa $\frac{1}{3}$ anderer Metalle, läßt sich sehr gut polieren und ist beständig gegen die chemischen und korrodierenden Einflüsse beim Vulkanisieren.

Ihre Erzeugnisse werden bei verfeinerter Oberfläche nach der ersten Pressung einwandfrei sauber und verkaufsfähig. Leichtmetall-Formen und -Dorne sind lange haltbar, erfordern nach Gebrauch keine Wartung und sind stets sofort verwendbar; selbst der Altmittelwert ist noch bedeutend. V LW- Leichtmetall ist daher für Sie der wirtschaftliche Werkstoff.

Verlangen Sie sogleich das ausführliche V LW- Merkblatt 52/2

Vereinigte Leichtmetall-Werke GmbH

BONN (Werke in Bonn und Hannover)

Flecht- und Klöppelmaschinen

für Stopfbüchsen - Packungen, Isolier-
Geflechte, Schlauchumflechtungen usw.

Imprägniermaschinen, Kaliberwalzen

Gummispritz- und Längsbedeckungsmaschinen

W. & M. OSTERMANN, WUPPERTAL-BARMEN

Maschinenfabrik

**Exzelsior - Sichter, Mischmaschinen,
Plansichter, Rüttelsiebe,
Schwingungsiebe**



aller Art,
seit vielen
Jahren
in der
Gummi-
Industrie
bestens
bewährt.

A. Jasse GmbH., Berlin NW 21, Lübecker Str. 30

Abt. 1

Gummiabfälle

Regenerate

Rohgummi

Abt. 2

Gebrauchte Maschinen

für die Gummi-Industrie

ERICH BONWITT

BERLIN - BRITZ

Anfragen und Offerten erbeten!

Kaufman, Heyworth & Co., Ltd.

London House, 3, New London Street

London, E. C. 3

Telegramm-Adresse: Tensilius Fen London

*Händler und Importeure aller Arten
von Plantagen- und Wild-Kautschuk,
Sohlenkrepp, Gummimilch und Balata*

Kautschuk,

das Fachblatt des Wissenschaftlers,
des Chemikers und des Technikers

PROBEHEFT KOSTENFREI

Union Deutsche Verlagsgesellschaft Zweigniederlassung Berlin SW 19

Wiedergewinnung

von Lösungsmitteln

ALBERT BOECLER

Berlin SW 68, Wilhelmstraße 122

Gold. Medaille



Aelteste Fabrik
Gegründet 1893

Schneidemaschinen

für Schwammgummi, Gummi-
stoffe und Stoffe aller Art

F. SEGEBRECHT & CO.

Berlin O 17, Große Frankfurter Straße 137

Chemisches Laboratorium für Handel und Industrie

Prof. Dr. Fr. Frank, Prof. Dr. A. Klages

Berlin W 35, Lützowstraße 96 • Fernsprecher: B 2 Lützow 4203 • Telegramm-Adr.: Framark

Spezial-Abteilung: Kautschuk

Untersuchung, Begutachtung, chemische u. technische Beratung in allen Angelegenheiten der Kautschuk-Verarbeitung sowie d. Kautschukgewinnung u. des Rohkautschuks, der Schädlingsbekämpfung in den Plantagen. Chemisch technische Bearbeitung von Patentangelegenheiten

Daneben die Spezial-Abteilungen:

Kohle und Kohleverarbeitung **Mineralöle und Asphalt** **Fette Öle**
Kunststoffe (plastische Massen) **Imprägnierung**

Maschinen, Pressen, Apparate Formen sowie kompl. Einrichtungen

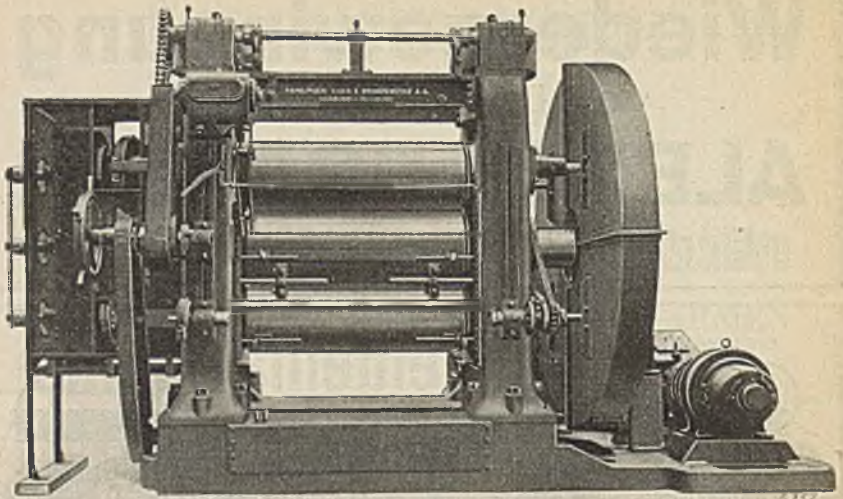
für die Herstellung von

Velo-, Motorrad-, Auto- und Riesenreifen
sowie **Schläuchen**

Leonh. Herbert
Maschinenfabrik

Frankfurt/M.-Ost
Schielestr. 7-9

Fernspr.: 46 262



HARBURGER EISEN- u. BRONZEWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
HARBURG - WILHELMSBURG I

Telegramm-Adresse: Koeber-Harburg-Wilhelmsburg
Telefon: Amt Hamburg 372043

liefern auf Grund langjähriger Erfahrung

sämtliche Maschinen

für Herstellung von

**Pneumatiks * Gummischuhen
Riemen * Geweben * Schläuchen
Absätzen * Spielwaren * Kabel
Kunstharz * technisch. Artikeln**

BG Politechniki Śląskiej
nr inw.: 102 - 127397



Dyr.1 127397