Deutsche Werkmeister-Bücherei Gruppe II

Band 1

Werkstoffe

2. Teil

Nichteisenmetalle

Deutsche Werkmeister-Bücherei

Herausgegeben von Ingenieur Heinz Gramm

Die Werkstoffe

II. Teil

Nichteisenmetalle und Nichtmetalle

Bearbeitet von Ingenieur Heinz Gramm



141 184

Druck von Wilhelm Hoppe, Borsdorf-Leipzig

D324/14

Vorwort

Dem bereits Ende 1939 erschienenen ersten Teil des Bandes "Werkstoffe" der Deutschen Werkmeister-Bücherei folgt jetzt der zweite Teil, der Nichteisenmetalle und Nichtmetalle behandelt. Dies Buch erhebt natürlich keinen Anspruch darauf, restlos alle in dieses große Gebiet der Stoffkunde fallenden Fragen zu klären. Der Verfasser mußte sich in der Behandlung der einzelnen Stoffgebiete vielmehr dem Rahmen des Buches entsprechende Beschränkungen auferlegen. Immerhin wurden die Schwer- und Leichtmetalle ziemlich eingehend behandelt und auch die sogenannten Kunststoffe dürften in ausreichendem Umfange besprochen worden sein. Wenn die übrigen Nichtmetalle, wie Gummi, Leder, Glas, keramische Stoffe Farben, Lacke, Öle, Kitte usw. lediglich erwähnt sind, so wird das für die Mehrzahl der Leser kaum störend wirken, weil diese Stoffe in der Metallindustrie eine geringere Rolle spielen.

Besonderer Wert wurde wieder auf eine möglichst leichtverständliche Darstellung gelegt. Das war besonders schwierig in dem Abschnitt über Kunststoffe, weil hier so viele Ausdrücke vorkommen, die ohne eingehende Kenntnisse der Chemie gar nicht verstanden werden können. Der Verfasser war jedoch bemüht, auch hierbei die wichtigsten Begriffe so gut wie möglich

zu erklären.

Das angefügte Schrifttumsverzeichnis, in das möglichst nur Bücher aufgenommen wurden, die dem Leserkreis der Deutschen Werkmeister-Bücherei angepaßt sind, gibt demjenigen, der tiefer schürfen und sich über Einzelheiten besonders unterrichten will, die erforderlichen Fingerzeige. Zweckmäßige Angaben über Art der Bearbeitung bestimmter Werkstoffe enthalten die Druckschriften der Erzeugerwerke, die auch bei dieser Arbeit mit herangezogen wurden. Wer bestimmte Erzeugnisse verarbeitet, sollte es nicht unterlassen, die bezüglichen Druckschriften, Merkblätter usw. der Erzeugerwerke eingehend zu studieren.

Den Werken, die diese Arbeit durch Druckschriften und Bilder unterstützten, sei an dieser Stelle bestens gedankt. Anregungen und Wünsche aus dem Leserkreise sind dem Verfasser und Herausgeber für künftige Auflagen stets willkommen und

werden, wenn möglich und zweckmäßig, berücksichtigt.

Soweit dieses Buch Angaben aus DINORMEN enthält, sind diese frei bearbeitet worden. Maßgebend für die Normung sind jeweils die neuesten Ausgaben der Dinblätter, die beim Beuth-Vertrieb, Berlin WS 68, zu beziehen sind.

Wittenberg, im Dezember 1940.

Verlag, Herausgeber und Verfasser.

Inhaltsverzeichnis

Nichteisenmetalle

		1	1
A.		hwermetalle	-
	1.	Das Kupfer	1
		a) Eigenschaften	1
		b) Verwendung	2
		c) Vorkommen und Gewinnung	4
		d) Normung	8
		e) Kupferplattierungen	8
	2.	Das Blei	9
		a) Vorkommen	9
		b) Eigenschaften	9
		c) Verwendung	10
		d) Gewinnung	11
		e) Handelssorten und Normung	12
	3.	Das Zinn	13
		a) Allgemeines und Vorkommen	13
		b) Eigenschaften	18
		c) Verwendung	14
		d) Gewinnung	14
		e) Handelssorten und Normung	15
	4.	Das Zink	15
70		a) Allgemeines und Vorkommen	15
		b) Eigenschaften	15
		c) Verwendung	16
		d) Gewinnung	17
		e) Handelssorten und Normung	18
		f) Verarbeitung	20
		g) Verzinkung	21
	5.		22
		a) Allgemeines und Vorkommen	22
		b) Eigenschaften	23
		c) Verwendung	24
		d) Gewinnung	24
		e) Normung	25
		f) Verarbeitung	26

		DCILL
	6. Einige andere wichtige Nichteisenmetalle	27
	a) Kadmium	27
	b) Mangan	28
	c) Chrom	29
	d) Wolfram	30
	e) Molybdän f) Vanadium	32
		33
	g) Kobalth) Titan	39
	i) Tantal, Niobium und andere	34
	k) Antimon	35
	1) Wismut	35
	m) Cerium oder Zer	36
	n) Quecksilber	36
	o) Edelmetalle	36
B.	Legierungen der Schwermetalle	37
	1. Kupfer-Zink-Legierungen	38
	a) Allgemeines und Herstellung :	38
	b) Eigenschaften und Verarbeitung der Kupfer-	
	Zink-Legierungen	41
	c) Sondermessinge und Normung der Kupfer-Zink-	
	Legierungen	46
	2. Kupfer-Zinn-Legierungen	51
	3. Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen	55
	4. Kupfer-Aluminium-Legierungen	56
	5. Andere Kupferlegierungen	57
	a) Kupfer-Silizium-Legierungen	57
	b) Kupfer-Beryllium-Legierungen	58
5	6. Nickel-Legierungen	59
	a) Nickel-Kupfer-Legierungen	59
	b) Nickel-Kupfer-Zink-Legierungen	60
	c) Nickel-Chrom-Legierungen und andere	60
	7. Blei-Zinn-Zink-Legierungen	60
	a) Blei-Legierungen	61
	b) Zinn-Legierungen	61
	c) Blei-Zinn-Legierungen	61
	d) Zink-Legierungen	65
	8. Lagermetalle	68
C. 1	Leichtmetalle	74
	1. Allgemeines, Arten	74
	2. Aluminium	76
	a) Vorkommen und Geschichtliches	76
		50

Salte

	Seite
b) Grundlagen der Aluminium-Gewinnung	78
c) Gewinnung der Tonerde	79
d) Umwandlung der Tonerde in Reinaluminium	82
e) Eigenschaften, Normung und Verwendung des	
Aluminiums	86
	86
3. Magnesium a) Geschichte, Vorkommen und Gewinnung	86
a) Geschichte, vorkommen und Gewinnung	87
b) Eigenschaften, Verwendung, Normung	897
Leichtmetall-Legierungen	88
I. Aluminiumlegierungen	88
a) Allgemeines, Normung, Handelsformen	88
b) Kolbenlegierungen	97
c) Automatenlegierungen	99
d) Korrosionsbeständigkeit der Al-Legierungen.	100
e) Aushärtung von Aluminiumlegierungen	101
	103
II. Formgebung der Aluminiumlegierungen 1. Gießen	103
1. Criebon	100
2. Die Warmvertormung des Aluminums und	108
seiner knetbaren Legierungen	100
3. Spanlose Formung von Aluminium im Kaiten	110
Zustande Aluminium und	110
4. Verbindungsarbeiten von Aluminium und	111
seinen Legierungen	112
h) Michaephindungen	112
b) Nietverbindungen	114
d. Löten	114
e) Schweißen	115
5. Spangebende Formung von Aluminium-Leicht-	1000
metallen	119
6. Die Oberflächenbehandlung von Aluminium	104
und seinen Legierungen	124
III. Magnesiumlegierungen	131
1. Allgemeines und Normung	131
2. Eigenschaften der Magnesiumlegierungen	134
a) Physikalische Eigenschaften	135
b) Chemische Eigenschaften	135
3. Verarbeitung der Magnesiumlegierungen	136
a) Gießen	136
b) Spanlose Formung	137
c) Spangebende Formung von Magnesium	TOI
	138
legierungen	100

D

	Seite
d) Oberflächenbehandlung und Oberfläche	n-
schutz der Magnesiumlegierungen	
4. Verwendungsgebiete der Magnesiumlegierung	
IV. Die Prüfung der Leichtmetalle	142
Nichtmetalle	
A. Kraft- und Brennstoffe (Treibstoffe)	145
I. Kohle	145
1. Mechanische Aufbereitung der Kohle	145
2. Chemische Aufbereitung der Kohle	146
II. Holz	
III. Erdöl	
IV. Andere Brennstoffe	
a) Erdgas	
c) Wasserstoffgas	
d) Spiritus	
B.Kunststoffe	
1. Allgemeines und Einteilung	
2. Die Rohstoffgrundlage der Kunststoffe	167
I. Härtbare Kunstharze	
1. Phenol- bzw. Kresol-Formaldehydharze	125.40
(Phenoplaste)	. 170
2. Karbamid- oder Harnstoff-Formaldenyc	a-
harze (Aminoplaste)	. 171
Kunstharze	
4. Arten, Eigenschaften, Verwendung un	
Verarbeitung der härtbaren Kunstharze	. 172
a) Kunstharz-Preßstoffe	. 179
b) Geschichtete Preßstoffe	. 181
c) Eigenschaften, Typisierung und Nor	r- . 183
mung der Preßstoffe	e 187
d) Die Prüfung der Kunstharz-Preßstoff e) Verwendung der Kunstharz-Preßstoff	fe 191
f) Die Bearbeitung der Kunstharz-Preßsto	ffe 193
g) Gestaltungsregeln für Kunstharz-Preß	
stoffe	. 194
h) Gußharze (Edelkunstharze)	
5. Eiweiß-Kunststoffe	. 197
	VII

	Seite
II. Kunststoffe aus Zellulose und deren Abkömm-	
lingen	198
1. Allgemeines	198
2. Vulkanfiber	198
3. Zelluloid (Zellhorn)	200
4. Azetylzellulose	200
5. Alkali-Zellulose	201
6. Zellulose-Äther	201
7. Die Verarbeitung der Kunststoffe aus	000
Zellulose	202
III. Durch Polymerisation gewonnene Kunststoffe	202
1. Allgemeines	202
2. Vinylverbindungen	203
3. Acryl-Polymerisate	209
IV. Anstrichmittel, Lacke, Leime, Kitte und an-	
dere künstliche Werkstoffe	213
. Andere nichtmetallische Werkstoffe	214
1. Holz	214
2. Gummi und Guttapercha	215
3. Glas	216
4. Keramische Werkstoffe	218
5. Sonstige nichtmetallische Werkstoffe	219
chrifttumsverzeichnis	222
achregister	225

Nichteisenmetalle

Wenn das Eisen¹) auch heute noch der am meisten verwendete metallische Werkstoff ist, so werden doch Nichteisenmetalle, besonders Leichtmetalle, in zunehmendem Umfange als Baustoffe im Maschinen-Gerätebau ud in der Elektrotechnik gebraucht Die Zahl der N-E-Metalle (wie man abgekürzt schreibt) ist groß, doch treten viele von ihnen wenig in die Erscheinung, weil sie mengenmäßig unbedeutend sind aber als Legierungsmetalle eine beachtliche Rolle spielen.

Man teilt die N-E-Metalle in zwei Hauptgruppen ein und zwar nach ihrem spezifischen Gewicht in Schwermetalle und Leichtmetalle. Die Grenze zwischen beiden Gruppen kann man etwa bei einer Wichte 41) annehmen (Leichtmetalle haben eine Wichte bis etwa 3.8. Schwermetalle von 4 auf-

wärts).

A. Schwermetalle

Die im Maschinen-, Gerätebau und in der Elektrotechnik meist verwendeten Schwermetalle sind Kupfer, Blei, Zinn und Zink. Daneben haben Nickel, Chrom und Kadmium eine größere Bedeutung, und, vorwiegend als Legierungsmetalle für Stahl, Kobalt, Mangan, Molybdän, Tantal, Titan, Vanadium, Wolfram und einige andere noch seltenere Metalle. Quecksilber und die Edelmetalle wie Gold, Platin und Silber werden für verschiedene technische Zwecke, besonders in der Elektrotechnik verwendet.

1. Das Kupfer.

a) Eigenschaften.

Das Kupfer (lat. Cuprum, chem. Zeichen Cu) gehört zu den Metallen, die schon im frühesten Altertum bekannt waren. Es ist ein im Bruch lachsrotes, sehr geschmeidiges und zähes Me-

¹⁾ Vergl. Band 11 der Deutschen Werkmeister-Bücherei, Teil I.

tall von glänzendem Aussehen. Seine Wichte liegt je nach Art der Verarbeitung zwischen 8,3 (gegossen) bis 8,96, sein Schmelzpunkt liegt bei 1083°. Kupfer läßt sich gut schmieden, walzen, löten und schweißen, sowohl mit dem elektrischen Lichtbogen als auch mit dem Azetylen-Schweißbrenner. Durch Kaltbearbeitung wird es fest und hart. Um die Härte wieder zu beseitigen, glüht man das Kupfer bei einer Temperatur von 500 bis 650° und kühlt es in Wasser ab, dann ist es wieder geschmeidig.

Da reines Kupfer im geschmolzenen Zustande Sauerstoff aus der Luft aufnimmt, die es beim Erkalten wieder abgibt, eignet es sich im reinen Zustande schlecht zur Herstellung von Gußstücken, denn der Guß wird blasig. Geringe Zusätze von Zinn, Zink, Mangan, Phosphor u. a. verhindern jedoch die Gasaufnahme und ermöglichen einen einwandfreien Guß.

Die Zugfestigkeit des gewalzten und geglühten Kupfers liegt zwischen 20 und 26 kg/mm² und steigt bei hartem Werkstoff auf 35 bis 45 kg/mm². Die Bruchdehnung von gewalztem und weichem Kupfer beträgt 35 bis 40%, von hartem 2 bis 6%.

Kupfer zeichnet sich durch eine hohe elektrische und Wärmeleitfähigkeit aus, es ist deshalb ein idealer Werkstoff

für die Elektrotechnik.

In feuchter Luft überzieht es sich mit einer grünen Schutzschicht, der "Patina", auch Edelrost genannt, die älteren mit Kupfer gedeckten Dächern, Kuppeln usw. das bekannte schön grüne Aussehen gibt. Dieser Überzug ist nicht mit dem giftigen "Grünspan" zu verwechseln, der sich in Gegenwart von Essigsäure und Luftsauerstoff bildet, weswegen Kupfer für Eß- und Trinkgeschirre auch nur verzinnt erwendet werden darf. Kupfer ist nicht nur widerstandsfälig gegen atmosphärische Einwirkungen, sondern bei Abwesenheit von Luft auch gegen nicht zu heiße und nicht zu konzentrierte Säuren.

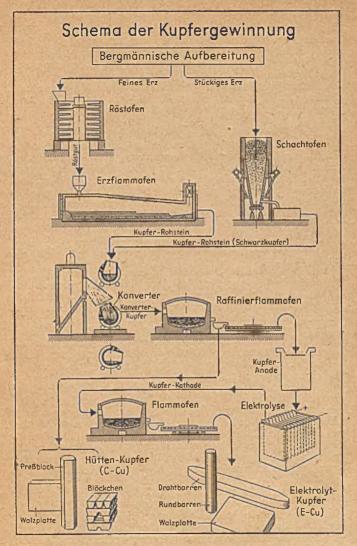
Reines weiches Kupfer ist schwer zerspanbar, wohingegen Kupferlegierungen schon bei geringem Zinn- oder Zinkgehalt gut mit spanabhebenden Werkzeugen zu bearbeiten sind. Kupfer und Kupferlegierungen lassen sich gut polieren und chemisch färben, ebenso können sie gut auf galvanischem Wege

mit metallischen Überzügen versehen werden.

b) Verwendung des Kupfers.

Wegen seiner guten elektrischen Eigenschaften findet das Kupfer in der Elektrotechnik und wegen seiner hohen Wärmeleitfähigkeit für Feuerbuchsen in Lokomotivkesseln, Wärmeaustauschgeräten usw. Verwendung.

Da das deutsche Kupfererzvorkommen aber so gering ist, daß der größte Teil des Bedarfs eingeführt werden muß, ist



seine Verwendung in erheblichem Umfange eingeschränkt worden. Deshalb darf es zur Zeit für Dacheindeckungen, Heißwasserkessel und andere Behälter, Kühlanlagen, Öfen, elektrische Freileitungen, Schraubstockbacken, Hämmer, Nieten u. a. nicht verwendet werden. An die Stelle von Kupferlegierungen als Lagermetalle sind z. T. kupferfreie bzw. kupferarme Legierungen und Kunstharz-Preßstoffe getreten. Eine nicht unwesentliche Rolle spielt Kupfer neuerdings als Legierungsmetall für Stahl, dem es höheren Korrosionswiderstand verleiht (vergl. Teil I).

c) Vorkommen und Gewinnung des Kupfers.

Kupfer kommt an einzelnen Stellen der Erde gediegen vor, wird aber größtenteils aus seinen Erzen gewonnen. Die reinen Erze sind chemische Verbindungen des Kupfers mit Sauerstoff, Eisen und Schwefel, doch sind sie stets mit anderen Mineralien so innig gemischt, daß der Gehalt an Kupfer selten über 4% hinausgeht. Das wichtigste Kupfererz ist der Kupfer-kies (Cu Fe S₂), der meist etwas Silber und Gold enthält und mit Schwefelkies, Zinkblende, Bleiglanz und arsenhaltigen Verbindungen zusammen vorkommt. Weniger wichtige Kupfererze sind Rotkupfererz, Buntkupfererz, Kupferglanz und Malachit.

In Deutschland findet sich Kupfererz am Rammelsberg im Harz, in der Ostmark, in Kurhessen, Niederschlesien und im Mansfelder Seekreis, dessen Kupferschieferlager bereits 1199 entdeckt wurden. Bedeutende Kupferlagerstätten befinden sich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, in Kanada, Chile, Spanien, Rußland, Jugoslawien und Afrika (Rhodesien und Kongogebiet). Außer den Erzen werden für die Kupfergewinnung Altmetalle, Abfälle und Rückstände verwendet, deren Sammlung daher von größter Bedeutung für die deutsche

Kupferversorgung ist.

Die Kupfererze werden nach voraufgegangener Aufbereitung im Schachtofen mit Koks unter Einblasen von Luft niedergeschmolzen. Das Ergebnis dieser Schmelze ist der sogenannte Kupferstein — mit bis zu 45 % Cu — und Schlacke. Letztere wird, wie die bei der Eisengewinnung anfallende Schlacke, für Wegebau und für Schlackensteine verwendet, während die Abgase nach Reinigung ebenfalls weiter ausgenutzt werden. Aus dem Kupferstein wird im Konverter — auch Bessemerofen genannt — durch Einblasen von Luft der größte Teil der Verunreinigungen entfernt, wobei Roh- oder Schwarzkupfer — auch Konverterkupfer genannt — (96 bis 98 % Cu) und Konverterschlacke gewonnen werden. Die Abgase gehen nach Reinigung zur Schwefelsäurefabrik. Der Kupferkonverter weicht insofern vom Eisenkonverter (Thomas- oder Bessemerbirne)

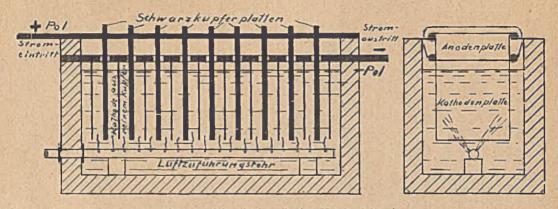


Abb. 1. Elektrolysierzelle der Kupferelektrolyse. Die Anodenplatten werden allmählich gelöst, während sich das reine Kupfer auf den Kathodenplatten niederschlägt.

ab, als die Blasedüsen für die Luft in die Seitenwände über dem Boden und nicht von unten eintreten, so daß die Luft nicht durch die Kupferschmelze, sondern durch den darüber liegenden noch unzersetzten Kupferstein geht. Die neueren Kupferkonverter sind Trommelkonverter, die auf Rollenpaaren liegen und mit Zahnstangen gekippt werden können. Der flüssige Kupferstein wird unmittelbar aus dem Schachtofen mit Zuschlägen von quarzhaltigem Gestein in den Konverter eingebracht. Das Konverterkupfer enthält auch die im Erz vorhandenen Edelmetalle. Die Beimengungen des Rohkupfers werden durch die Raffination (Verfeinerung) im Flammofen. oder vollkommener und unter Gewinnung der Edelmetalle durch Elektrolyse beseitigt. Im Flammofen gewinnt man das sogenannte Hüttenkupfer (Raffinadekupfer) mit einem Reinheitsgrad von 99%. Das Elektrolytkupfer ist mit 99,9 % Cu fast chemisch rein. Das umgeschmolzene Reinkupfer wird zu Blöcken und Barren vergossen und dann bei Temperaturen von 800 bis 900° zu Platten, Stangen usw. ausgewalzt. Aus den Platten werden Bleche der verschiedensten Stärken zuerst warm und zu Fertigblechen kalt ausgewalzt. (Siehe das Schema Seite 3.)

Die Kupferelektrolyse.1)

Mit Hilfe des elektrischen Stromes (Gleichstrom) wird in einer schwefelsauren Kupferlösung (angesäuertes Kupfervitriol) die eingesetzte Kupferanode aus Schwarzkupfer aufgelöst und ihr Kupfergehalt an der gegenüberliegenden Kathode in größter Reinheit wieder abgeschieden. Die Verunreinigungen bleiben in Lösung. Die wertvollen Edelmetalle (Silber, Gold, Platin), die dieses teure Arbeitsverfahren meist erst gewinnbringend gestalten, sind in dem sich am Boden des Gefäßes absetzenden Anodenschlamm enthalten, dieser wird daher zur Gewinnung der Edelmetalle chemisch weiter verarbeitet. (Abb. 1 zeigtden Vorgang der Elektrolyse. Abb. 2 eine Elektrolysier anlage.)

Nebenerzeugnisse der Kupfergewinnung.

Die deutschen Kupferhütten liefern in ihren Nebenerzeugnissen:

a) praktisch den Gesamtbedarf Deutschlands an Kupferverbindungen

Kupferoxydul Kupferoxydchlorid Kupfervitriol Kupferpulver

¹⁾ Über "Elektrolyse" siehe Teil I Seite 35).

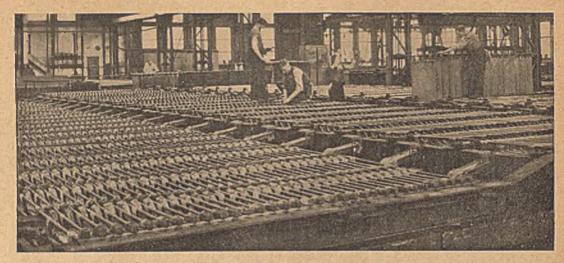


Abb. 2. Kupfer-Elektrolyse (rechts das Herausnehmen der Kathodenplatten).

b) sehr wesentliche Anteile des deutschen Bedarfs an

Selen Wismut Elektrolytnickel
Kobaltmetall Arsenik Nickelvitriol
Kobaltoxyd Edelmetall Nickel-AmmonKobaltvitriol sulfat

c) mehr oder weniger erhebliche Anteile des deutschen Bedarfs an

Bleiarsenat Kalziumartimonat Zinkoxyd
Bleiarsenat Kalziumstannat (für Farbzwecke
Antimon Kalziumarsenat und zur Verhüt-

Mischzinn Zinnoxyd tung)
Schwefelsäure

d) Normung des Kupfers.1)

, DIN 1708 enthält die Normen für Kupfer als Rohstoff. Danach werden 5 Sorten unterschieden mit den Kurzzeichen: A-Cu Hüttenkupfer A (arsen- und nickelhaltig)

mit mindestens 99,0% Cu

B-Cu Hüttenkupfer B (arsenarm)

mit mindestens 99,0 % Cu C-CuHüttenkupfer C mit mindestens 99,4 % Cu D-CuHüttenkupfer D mit mindestens 99,6 % Cu E-CuElektrolytkupfer (entscheidend ist dabei die elek-

trische Leitfähigkeit).

Weiter sind genormt: Kupfer in Halbzeug und Fertigerzeugnissen, wie Bleche (DIN 1752), Rohre (DIN 1754), Vollprofile (DIN 1773), Drähte (DIN 1766), Blech und Band für Federn (DIN 1777), Kupferband, Kupferstreifen (DIN 1792). Grundsätze über Härtezustand und Oberflächenbeschaffenheit enthält DIN 1750. Die Normen enthalten Angaben über technische Lieferbedingungen wie Mindestzugfestigkeit, Brinellhärte, Bruchdehnung, Art der Herstellung (gewalzt gezogen, gepreßt), ferner Abmessungen und Bestimmungen über den Lieferungszustand (weich oder hart). In DIN 1787 sind nähere Angaben über die Beschaffenheit des Werkstoffes Kupfer in Halbzeug z. B. für Elektrotechnik, Feuerbuchsen usw. enthalten.

e) Kupferplattierungen.

Stahl- und Kupferbleche werden in Schweißhitze miteinander verwalzt und sind dann so innig verbunden, daß sie zu

¹) Maßgebend für alle Normen sind immer die neuesten Ausgaben der Normblätter, die vom Beuth-Vertrieb, Berlin SW 68, zu beziehen sind.

dünnen Blechen ausgewalzt werden können. Man benutzt solche "Verbundstoffe" dort, wo Kupfer seiner Korrosionsbeständigkeit wegen erwünscht ist, an Stelle von Vollkupfer. Es werden einseitig und zweiseitig plattierte Bleche hergestellt. (Neuer-

dings auch Stahlrohre.)

Unter dem Namen "Cupal" wird ein Verbundwerkstoff hergestellt, bei dem Elektrölytkupfer auf Reinaluminium plattiert ist. Diese Bleche zeichnen sich gegenüber den Stahl-Kupferblechen durch geringes Gewicht aus und haben zudem den Vorzug absolut rostfrei zu sein. Sie lassen sich gut verarbeiten und weich, jedoch nicht hart löten.

2. Das Blei.

a) Vorkommen.

Blei (lat. Plumbum, chemisches Zeichen Pb) gehört zu den Metallen, die schon in grauer Vorzeit bekannt waren. Soweit aus der Vergangenheit Niederschriften irgendwelcher Art vorliegen, ist in ihnen das Blei als ein bekannter Stoff erwähnt.

Im gediegenen Zustande kommt Blei in der Natur selten vor. es wird vielmehr aus seinen Erzen gewonnen, die wichtigsten Bleierze sind: Bleiglanz, Bleispat, Weiß- oder Schwarzbleierz, Bleivitriol, schwefelsaures Blei, Grün-, Braun-, Buntbleierz. Vielfach finden sich Bleierze und Zinkerze in gemeinsamen Lagerstätten; die Bleierze sind auch oft mit Silber, Kupferkies, Eisenkies und anderen Metallverbindungen im Gestein vermischt. Bleierze finden sich in fast allen Ländern; in Europa sind die in Spanien befindlichen Bleiglanzlager von besonderer Bedeutung. In Deutschland findet man Bleierz im Rheinland, Harz, in Sachsen, Oberschlesien und in der Ostmark (Kärnten). Doch reicht die Bleigewinnung aus heimischen Erzen nicht aus, um den anfallenden Bedarf zu decken, deshalb gehört das Blei zu den Sparstoffen, seine Verwendung ist heute für mancherlei Zwecke, für die es früher unersetzbar schien. verboten. An seine Stelle treten Kunststoffe und Leichtmetalle.

b) Eigenschaften des Bleies.

Blei hat bei 20° eine Wichte von 11,94, sein Schmelzpunkt liegt bei 327,4°. Es ist das weichste von allen technisch verwendeten Metallen. An der frischen Schnittfläche sieht es grauweiß aus, doch überzieht es sich sehr schnell mit einer dünnen Oxydschicht, die das Metall, ähnlich wie die Patina das Kupfer, vor weiteren Angriffen schützt. Merkwürdig ist, daß Blei von destilliertem Wasser in Gegenwart von Luft viel stärker oxydiert wird als von Brunnenwasser. Die im Brunnenwasser enthaltenen Kohlenstoff- und Schwefelverbindungen bilden mit dem Blei

schwer lösliche Salze, die sich auf dem Metall absetzen und es schützen. Dahingegen entsteht in chemisch reinem Wasser ein Oxyd, welches nicht auf dem Blei haftet. Daraus folgt, daß man Bleirohre für Trink- und Haushaltungswasser gut verwenden kann, für destilliertes und Regenwasser jedoch nicht. Das ist umso beachtlicher als Bleiverbindungen sehr giftig sind. Gegen Säuren ist metallisches Blei ziemlich beständig, es wird selbst von einer starken Salpetersäure nur wenig angegriffen, wohingegen eine ziemlich verdünnte Salpetersäure das Blei aufzulösen vermag. Der Umstand, daß Blei gegen verdünnte Schwefelsäure das widerstandsfähigste der unedlen Metalle ist, macht es zur Verwendung als Elektrizitätsspeicher in Akkumulatoren besonders geeignet. Ebenso ist sein Widerstand gegen Erdfeuchtigkeit maßgebend für seine Verwendung als Schutzhülle für Erdkabel.

Blei läßt sich leicht kalt verformen und mit den verschiedensten Werkzeugen bearbeiten. Es ist gut schweiß- und lötbar. Diese Eigenschaften und seine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber vielen chemischen Angriffen machen es zur Ver-

wendung in vielen Industriezweigen geeignet.

c) Verwendung des Bleies.

Blei wird im gegossenen, gewalzten und gepreßten Zustande verwendet: In Gestalt von Draht, Wolle, Blech, Ringen und Streifen ist es ein brauchbarer Dichtungsstoff in Rohrverbindungen für Flanschen und Muffen. Bisher stellte man die Wasserleitungen in Wohnhäusern und Fabriken meist aus Blei her, doch hat es auch auf diesem Gebiete in neuerer Zeit in verschiedenen Kunststoffen Konkurrenten gefunden, die es vollwertig zu ersetzen vermögen. Bleirohre sollen jedoch nicht in Kalk- oder Kalksteinmörtel, sondern in Gipsmörtel verlegt werden. In erheblichem Umfange wird das Blei auch heute noch zur Herstellung von Geschossen verwendet. Gewehr- und Pistolengeschosse werden aus Bleidraht, Schrot aus Blei mit einem geringen Zusatz von Arsen hergestellt. Weiter wird Blei mit einem Zusatz von bis zu 8 % Antimon für Verschlußplomben verwendet. Verglasungen und Dacheindeckungen aus Blei sind uralt. Ferner benutzt man Blei als Beschwerungsmaterial für Lote und mancherlei andere Gegenstände. In Härtereien werden Bleibader zur gleichmäßigen Erwärmung von Stahl gebraucht. Die Industrie der Musikinstrumente benutzt Blei für Klaviaturen, Trompeten usw. Mit Zinn legiert spielt das Blei als Lötzinn eine wichtige Rolle, ferner als Lagermetall, besonders in den neueren Bleibronzen. In der chemischen Industrie wird Blei für Apparate, Armaturen, Pumpen, Rohrleitungen

usw. verwendet. Besonders wird es gebraucht bei der Herstellung und Verwendung von Schwefelsäure; weiterhin in Bleichereien, Färbereien, Kunstseide- und Zellulosefabriken, Metallsalzfabriken, Galvanisieranstalten, Beizereien, in der Fett-, Öl- und Seifenindustrie, in Stickstoff- und Chlorkalkwerken und in vielen anderen Fabrikationszweigen der chemischen Industrie.

Die Elektroindustrie braucht Blei außer für Bleikabel und Akkumulatoren als Material für Sicherungsdrähte und Streifen. Wegen seiner geringen Durchlässigkeit für Röntgenund Gammastrahlen ist es ein unentbehrlicher Strahlungsschutz. Eine große Rolle spielen auch die Bleiverbindungen, so in der Farbenindustrie als Bleimenige, Bleiweiß usw. Obwohl Blei in Deutschland nicht in erheblichen Mengen vorkommt, gibt es doch bei uns eine ganze Anzahl Bleihütten, denn der Bedarf an Blei ist sehr groß, da es manche anderen, noch knapperen Metalle zu ersetzen vermag. Seine Verwendung ist daher z. Zt. verboten bzw. auf besondere Verwendungszwecke beschränkt für Verschlußplomben, Beschwerungen, Dichtungszwecke, Bleihämmer, Schraubstockbacken, Wasserleitungen, mancherlei Zwecke der chemischen Industrie usw.

d) Gewinnung des Bleies.

Meist wird Blei aus Bleiglanz gewonnen, während die anderen Bleierze eine geringere Rolle bei der Bleigewinnung

spielen.

Das Blei wird entweder chemisch auf trockenem Wege durch das sogenannte Niederschlag-, das Röst-Reduktions- bzw. Reaktionsverfahren gewonnen oder durch Elektrolyse. Beim Niederschlagverfahren wird der Bleiglanz im Schachtofen mit Eisen oder Eisenerzen niedergeschmolzen, wobei sich Schwefeleisen und Blei bildet. Bei diesem Verfahren ist die vorherige Röstung des Bleiglanzes nicht erforderlich und der Verlust an Silber, mit dem es sich vielfach zusammen findet, gering, doch arbeitet es langsam und kann nur für hoch bleihaltige Erze angewendet werden. Es ist daher heute fast ganz durch die anderen Verfahren verdrängt.

Das Röst-Reaktionsverfahren eignet sich nur für hochprozentigen Bleiglanz, der möglichst frei sein muß von Sili-

katen, Quarz und Ton.

Das Bleierz wird in einem Flamm- oder Herdofen geröstet, wodurch ein Teil zu Bleisulfat und Bleioxyd oxydiert wird, das für die Reaktionsarbeit erforderlich ist. Beim Reaktionsvorgang erfolgt durch chemische Einwirkung die Ausscheidung von metallischem Blei.

Das Röst-Reduktionsverfahren eignet sich sowohl für reiche als auch für arme Bleierze und ist das am meisten angewendete Verfahren. Auch hierbei wird durch das Röstverfahren zunächst der Bleiglanz in Bleioxyd verwandelt und der Schwefel sowie das meist vorhandene Antimon und Arsen beseitigt. Im Reduktionsvorgang wird das Blei durch Verschmelzen mit Koks frei. Hierbei wird Rohblei gewonnen. Um daraus das Handelsblei zu erhalten, muß es von seinen Beimengungen an Antimon, Arsen, Eisen, Kupfer, Kobalt, Nickel, Schwefel, Zinn, Zink und Wismut befreit werden. Das geschieht durch einen besonderen Reinigungsprozeß — Raffination — in gußeisernen Raffinierkesseln, Raffinieröfen oder durch Elektrolyse, die das reinste Blei liefert.

e) Handelssorten und Normung.

Das durch die einfache Raffination im Flammofen gewonnene Werkblei hat einen Bleigehalt von 98 bis 99 %.

Raffinadeblei, das aus Altmetall gewonnen wird, hat

einen Mindestgehalt von 99,7% Blei.

Hüttenweichblei ist das reinste mit mindestens 99,9 % Blei. Das Blei wird aus gegossenen Platten zu Blechen von 500 bis 3000 mm Breite, 3 bis 10 m Länge bei Dicken von 0,3 bis 12 mm gewalzt.

Bleifolien werden in Dicken von 0,011 bis 0,2 mm bis

450 mm Breite hergestellt.

Bleidraht und Bleirohre stellt man durch Pressen her. Bleidraht in Stärken von 0,5 bis zu 15 mm und Rohre von 3 mm bis 300 mm l. W., bei Wandstärken, die natürlich je nach Verwendung der Rohre verschieden sind, von 1 bis 20 mm. Rohre werden aus Weich- oder aus Hartblei hergestellt.

Hartblei erhält man durch einen Zusatz von Antimon oder Arsen, ferner kann durch Natrium, Lithium, Kalzium, Barium und Strontium eine Härtesteigerung erzielt werden.

Letternmetall enthält bis zu 15% Antimon.

Genormt ist das Blei bis heute noch nicht, lediglich für Blei-Spritzgußlegierungen liegen einige Angaben nach DIN 1741 vor über ungefähre Zusammensetzung, zulässige Beimengungen, Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Härte. Die Bedeutung der Blei-Spritzgußlegierungen ist in letzter Zeit sehr zugunsten der Zink- und Leichtmetallegierungen zurückgegangen. Eine bedeutende Rolle spielt das Blei als Legierungsmetall. In der Umstellnorm DIN 1786 U sind Angaben über Werkstoffe für Rohre usw., in DIN 7100 U für die chemische Industrie enthalten.

3. Das Zinn.

a) Allgemeines und Vorkommen.

Das Zinn (lateinisch Stannum, chem. Zehn. Sn) gehört wie Kupfer und Blei zu den Metallen, die schon im Altertum bekannt waren. In der Natur kommt es nur selten rein als Metall vor, sondern meist mineralisch als Zinnstein, einer chemischen Verbindung des Zinns mit Sauerstoff oder als Zinnkies, einer Verbindung von Zinn mit Kupfer, Schwefel und Eisen. Der reine Zinnstein enthält etwa 79% Zinn, er ist gelbbraun bis schwarz, doch enthalten die Erze meist noch größere Mengen von Verunreinigungen, taubem Gestein, Schwefel und dergl. sowie Metalle wie Blei, Antimon, Arsen, Kupfer, Eisen und Wolfram.

In abbauwürdigen Lagern finden sich Zinnerze auf der Halbinsel Malakka in Hinterindien, den Sunda-Inseln Banka und Billiton, in Australien, Amerika (Bolivien, Mexiko, Peru) und in England. Die deutschen Zinnerzlager in Zinnwald, Altenberg und in Böhmen sind so stark abgebaut, daß sie nur noch unbeträchtliche Mengen liefern. Im übrigen ist das Zinn auch im Auslande schon recht knapp geworden, so daß mit seiner Verwendung gespart werden muß. Als Austauschstoffe kommen Lisen, Leichtmetalle, Holz, Glas und Kunststoffe in Betracht.

b) Eigenschaften des Zinns.

Zinn ist ein silberglänzendes, an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur unveränderliches Metall. Es löst sich in konzentrierter Salz- und Schwefelsäure und in kochenden Alkalilaugen. Durch Salpetersäure wird es zu wasserunlöslicher Metazinnsäure oxydiert. Verdünnte Säuren greifen Zinn nur wenig an, gegen organische Säuren (Essigsäure, Weinsäure, Zitronensäure) ist es sehr widerstandsfähig, weshalb es sich auch als Weißblech (verzinntes Stahlblech) gut zur Herstellung von

Konservenbüchsen eignet.

Der Schmelzpunkt des Zinns liegt bei 232, seine Wichte beträgt 7,3 bei einer Temperatur von 20°. Das elektrische Leitungsvermögen ist bei normaler Temperatur 0,13 (Silber = 1), die Wärmeleitefähigkeit 145 bis 150 (Silber = 100). Zinn ist härter als Blei (Brinellhärte = 12,00 kg/mm²). Es läßt sich gut gießen, walzen, hämmern und mit Schneidwerkzeugen bearbeiten. Beim Gießen ist auf die richtige Gießtemperatur zu achten; zu große Hitze macht Zinn rotbrüchig und geringe Hitze kaltbrüchig. Unter dem Einfluß niedriger Temperatur (unterhalb 18°) zerfällt das Zinn zu einem grauen Pulver, eine Erscheinung, die man als Zinnpest bezeichnet. Man muß

Zinngegenstände deshalb bei Temperaturen über 18° aufbewahren.

Beim Biegen von gegossenem Zinn hört man ein knisterndes Geräusch, das Zinngeschrei. Bei Erwärmung auf 200° wird das Zinn so spröde, daß es leicht gepulvert werden kann.

c) Verwendungsgebiete.

Früher wurde Zinn vielfach zu Hauhaltgeschirren (Zinnteller, Zinnkrüge usw) und zu Spielsachen (Zinnfiguren) verwendet. Das ist heute nicht mehr der Fall. Ebenso spielte es noch bis vor kurzer Zeit eine große Rolle als Werkstoff für Rohre zur Leitung von Wein, Bier und anderen Flüssigkeiten, doch wird es hier mehr und mehr durch Porzellan, Glas und Kunststoffe verdrängt. Auch Zinnfolien (Stanniol) kommen heute kaum noch zur Verwendung, nachdem es gelungen ist. Aluminium zu feinsten Folien auszuwalzen. Als Schutzüberzug für Metallgegenstände, namentlich beim Verzinnen von Stahlblech (Weißblech), wird es auch nur noch in geringem Umfange verwendet, nachdem es gelungen ist, bei Verpackungen in vielen Fällen ganz auf Weißblech zu verzichten. In der Konservenindustrie treten andere Stoffe, namentlich Kunststoffe, mehr und mehr an die Stelle des Zinns. Bei Milchkannen liegen über die Verwendung anderer Stoffe noch nicht genügend Erfahrungen vor, weshalb sie noch meist aus verzinntem Blech hergestellt werden. Eine größere Rolle spielt das Zinn noch als Legierungsmetall, doch geht man immer mehr zur Erzeugung von zinnarmen und zinnfreien Legierungen über.

d) Gewinnung des Zinns.

Meist gewinnt man es aus dem Zinnstein, zunächst als Rohzinn, das durch Raffination in Reinzinn umgewandelt wird.

Das Erz wird zur Beseitigung der Hauptmenge der Gangarten nach mechanischen oder chemisch-mechanischen Verfahren aufbereitet und der aufbereitete Zinnstein im Flammoder Schachtofen mit Kohle niedergeschmolzen. Das so gewonnene Rohzinn ist meist noch mit Eisen und Arsen verunreinigt. Diese Stoffe werden durch Ausschmelzen in Flammöfen (sog. Seigern) entfernt. Sehr reines Zinn gewinnt man aus dem Rohzinn mittels der Elektrolyse.

Das in Blöcken, Barren, Stangen, Rollen, Platten usw. vergossene Zinn wird zu Handelsformen ausgewalzt. Vielfach wird das Zinn auch durch Zerstoßen bei 200° oder aus Lösungen als Pulver niedergeschlagen. Von Weißblechabfällen wird das Zinn elektrolytisch oder auf chemischem Wege rückgewonnen.

e) Handelsorten und Normung des Zinns.

Das reinste, das Banka-Zinn, hat einen Reingehalt von mehr als 99,9 % Sn, fast gleichwertig ist das Straits-Zinn. Man unterscheidet nach englischer Einteilung die Klassen A 1 mit 99,9 % Sn, A 2 mit mindestens 99,75 % Sn und B als gewöhnliches Zinn mit 98,64 % Sn.

Genormt ist das Zinn nach DIN 1704; Lötzinn nach DIN 1707, Zinn-Spritzgußlegierungen sind nach DIN 1742 genormt.

Die Kurzzeichen für die vier in DIN 1704 genormten Zinnsorten enthalten neben dem chemischen Zeichen eine Ziffer, die den Reinheitsgrad angibt: Sn 99,90, Sn 99,75; Sn 99 und Sn 98. Die Zinn-Spritzgußlegierungen enthalten noch Antimon, Kupfer und Blei. Z. B. Sg Sn 781) mit ungefähr 77 bis 97% Sn, 16 bis 18% Sn, 3,5 bis 4,5% Cu und 0 bis 1,5% Pb2).

Zinnfolien werden in Stärken von 0,0068 bis 0,13 mm als

Blätter und Rollen bis 450 mm Breite hergestellt.

Zinnrohre in lichten Weiten von 5 bis 50 mm, bei Wanddicken von 1,5 bis 3 mm.

4. Das Zink.

a) Allgemeines und Vorkommen.

Das Zink (lat. Zinkum, chemisches Zeichen Zn) ist in Europa erst seit dem Ausgange des Mittelalters bekannt. Im großen wird es bei uns erst seit dem Ende des 18. Jahrhunderts gewonnen. Gediegen findet es sich selten. Die wichtigsten Zinkerze sind Zinkblende und Zinkspat, auch Galmei genannt. Zinkerze sind in Großdeutschland in ausreichenden Mengen vorhanden und finden sich meist als Zinkblende im Rheinland, Harz, in Oberschlesien, Kärnten und Böhmen. Außer in Deutschland findet sich Zink in Italien, Ungarn, Belgien, England, Frankreich, Spanien, Schweden, Griechenland, Rußland, Nordamerika, Australien und China.

b) Eigenschaften des Zinks.

Zink ist von bläulich-weißer Farbe, hat einen grobkristallinischen Bruch, schmilzt bei 420° und siedet bei 907°; seine Wichte ist 7,14. Bei Raumtemperatur ist es spröde; zwischen 100 und 150° ist das reine Metall sehr geschmeidig und daher in diesem Zustande gut spanlos zu verarbeiten. Es läßt sich nicht nur löten, sondern auch schweißen. Durch Verunreinigung mit

2) Die chemischen Zeichen vergl. Teil I Seite 24.

 $^{^{1}}$) Sg ist das Kurzzeichen für Spritzguß (neuerdings auch SpG).

anderen Metallen wird die Walzbarkeit stark herabgesetzt. Bei höherer Temperatur, etwa 300°, wird Zink brüchig, so daß es leicht pulverisiert werden kann. Festigkeit, Härte und Delmung sinken mit steigender Temperatur. Zink oxydiert in trockener · Luft und bildet in feuchter Luft an der Oberfläche eine weiße Schutzschicht, welche die weitere Oxydation verhindert. Die Zugfestigkeit ist bei 20° etwa 19 kg/mm². Zink legiert sich mit den meisten anderen Metallen. Von allen Metallen hat Zink die größte Ausdehnungszahl (0,00002905). Seine Wärmeleitfähigkeit ist wesentlich geringer als die des Zinns (61-63 gegenüber 100 bei Silber), dagegen leitet es im gewalzten Zustande den elektrischen Strom besser als Zinn (26 bis 30, bei Silber mit 100). Bei Verwendung von Zink im Freien ist Berührung mit anderen Metallen zu vermeiden, sonst bildet sich bei Einwirkung von säure- und salzhaltigem Wasser ein galvanisches Element, wobei Zink gelöst wird. Man soll Zinkblech deshalb nur mit verzinkten Nägeln befestigen. Gegen Säuren ist Zink nicht beständig, es löst sich schon in verdünnter Säure, ebenso wird es durch starke Basen (z. B. frischen Kalkmörtel) und durch säurehaltige Rauchgase angegriffen. Das Zinkoxyd, das auch bei unmittelbarer Verbrennung von erhitztem Zink an der Luft entsteht, führt den Namen Zinkweiß. Es dient als Farbe und ist nicht giftig.

c) Verwendung des Zinks.

Das Zink wird zu Platten, Barren und Knüppeln vergossen, die zu Blech und Folien gewalzt, zu Draht gezogen oder in Formen gepreßt, in Einzelfällen auch geschmiedet werden. Bisher wurde Zink vielfach zu Bedachungen: Dachrinnen, Abfallrohren, Badewannen, Fensterleisten, zum Bekleiden von Gesimsen, zu Beschlägen, Metallsärgen u.a. verwendet. Da für die meisten dieser Verwendungszwecke heute jedoch mancherlei Austauschstoffe zur Verfügung stehen, wird das Zink neuerdings selbst als Austauschstoff für Messing, Gußbronze und Rotguß verwendet. In vielen Fällen sind auch verzinkte Metalle als Rost- und Korrosionsschutz im Gebrauch. Verzinkungen werden galvanisch hergestellt, ferner durch Aufspritzen (Schoop'sches Verfahren), Erhitzen in Zinkstaub und Sand (Sherardisieren) oder durch Eintauchen in flüssiges Zink (Feuerverzinkung).

Die wichtigste Verwendung findet das Zink heute als Legierungsmetall für Messing, Bronze, Rotguß, Hartlot und Silberlot, Eine große Rolle spielt das Zink als Metall zur Herstellung von Spritzgußerzeugnissen. Durch Verwendung von Zink kann der Bedarf an devisenbelasteten Spritzguß-legierungen stark eingeschränkt werden.

d) Gewinnung des Zinks.

Da das Zink im Gegensatz zu den meisten anderen Metallen schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur flüchtig ist, kann man es nicht im offenen Ofen ausschmelzen, sondern muß es destillieren. Die Verhüttung der Erze geschieht durch: Erzaufbereitung, Rösten bei Zinkblende oder Brennen (bei Galmei), Reduktion, Gewinnung des Rohzinks durch Destillation und Raffination des Rohzinks. Die Reduktion des Röstguts (Zinkoxyds) erfolgt in Herdöfen verschiedener Systeme. Mit Steinkohlenkoks gemischt kommt das Röstgut in geschlossene Gefäße, sogenannte Muffeln aus feuerfestem Ton, die in den Feuerraum des Destillationsofens eingeschoben werden. Der Destillierofen wird wie der Siemens-Martinofen¹) durch eine Regenerativfeuerung geheizt. Aus dem Gasgenerator gelangt Gas mit Luft gemischt in den Muffelraum, wo es verbrennt. Die Flamme umstreicht die Muffeln, von denen jede eine Mischung von etwa 50% Erz und ebensoviel Kleinkoks enthält. Der Kohlenstoff des Kokses verbindet sich unter dem Einfluß der hohen Temperatur mit dem Sauerstoff des Erzes, das Zink verdampft. Aus der Muffel ziehen die Zinkdämpfe durch eine Vorlage, wo sie sich als flüssiges Rohzink niederschlagen. Das durch die Verbrennung des Kokses entstandene Kohlenoxyd und der Zinkdampf, der sich in der Vorlage nicht niedergeschlagen hat, treten in eine vorn geschlossene Retorte. in der der Rest des Zinkdestillats als Zinkstaub aufgefangen wird.

Die Öfen, die aus bestem, feuerfesten Material hergestellt sind, enthalten 200 und mehr Muffeln. Die Temperatur steigt in ihnen bis auf 1400³ (Abb. 3). Es kommen auch andere Reduktionensverfahren als das hier geschilderte zur An-

wendung.

In neuerer Zeit ist vor allem die Zinkelektrolyse immer mehr entwickelt worden, wodurch die alten Verfahren mehr und mehr verdrängt werden. Man gewinnt zunächst auf chemischem Wege aus dem gerösteten Erz eine Zinklauge, die durch Zusatz von Oxydationsmitteln und Zinkstaub von den unerwünschteu Beimengungen befreit wird. Dabei fallen die zu entfernenden Metalle, insbesondere Kadmium, in so stark angereicherter Form an, daß sie aus den Rückständen auf großtechnischem Wege gewonnen werden. In mit Bleiblech ausgeschlagenen Holzkästen erfolgt die Elektrolyse, bei der sich das Zink an der meist aus Aluminium bestehenden Kathode als Überzug niederschlägt. Die Anoden bestehen aus einer Bleisilberlegierung mit etwa 1% Silber.

¹⁾ Vergl. ,, Werkstoffe" Teil I.

² DWB, Bd. XI, Werkstoffe, Teil II.

Das im Muffelverfahren gewonnene Rohzink besitzt in der Regel einen Reinheitsgrad von 96 bis 99%. Es enthält Verunreinigungen in erster Linie von Blei, ferner geringe Mengen Eisen, Kupfer, Arsen, Kadmium, Wismut, Antimon, Silber, Silizium und Schwefel. Von diesen Beimengungen wird es durch Raffination befreit. Das entstandene Feinzink hat einen Reinheitsgrad von 99,7 bis 99,9%. Das Elektrolytzink hat bis zu 99,99% Reingehalt.

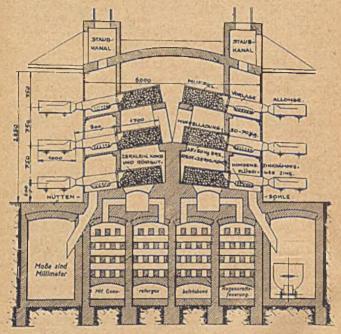


Abb. 3. Schema eines Zink-Destillierofens.

e) Handelssorten und Normung.

Zink gelangt als Hüttenzink und Umschmelzzink in den Handel. Eine endgültige deutsche Normung des Zinks liegt noch nicht vor, lediglich ein Entwurf DIN E 1706. Darin wird Hüttenzink mit einem Feinheitsgrad von 97,5 bis 99,99 % und Umschmelzzink A und B unterschieden. Das Kurzzeichen ist

Benen- nung	Werk- stoff	Zustand	Wichte	Zugfestig- keit²) v _B kg/mm²	Bruch-dehnung²) $\delta_{10}\%$	Brinell- härte³) kg/mm²	Richtlinien für die Verwendung
Handels- güte	Walzzink	paket- gewalzt band- gewalzt	7,2	19—28 26—36	23—14 40—23	45—50 48—51	Für Klempnerarbei- ten, Drückarbeiten und einfache Zieh- arbeiten Stanz- u. prägefähig
Fein- zinkgüte	Fein- zink	band- gewalzt	7.1	12—14	60—52	32—34	Für Spritz-, Drück-, Zieh- und Präge- arbeiten
Sonder- güten	Mischungen von Walz- und Feinzink	W (weich) ⁴) M (mittel) ⁴) H (hart) ⁴)	7,1	und Härte Verwendun schen dene	Die Werte für Festigkeit, Dehnung und Härte liegen, dem jeweiligen Verwendungszweck angepaßt, zwi- schen denen von Handelsgüte und Feinzinkgüte.		

1) Wiedergegeben mit Genehmigung der Zinkberatungsstelle Berlin W 50.

4) paket- oder bandgewalzt.

²) Die angegebenen Werte gelten für eine Zerreißgeschwindigkeit von 30 mm/min, eine Temperatur von 20^a und eine Blech- bzw. Banddicke von 1 mm; die jeweils zuerst genannten Werte wurden an Prüfstäben || zur Walzrichtung gemessen, die zuletzt genannten an Prüfstäben ∟ zur Walzrichtung.

^{3) 2,5/31,25/60} bei 20° und 15 sec Aufbringzeit.

Zn mit der den Reingehalt angebenden Ziffer, z. B. Zn 99,7,

Umschmelzzink hat das Zeichen U Zn A bzw. U Zn B.

Zinkblech wird in Größen von 650×2000 mm, 800×2000 mm, 1000×2000 mm und 1000×2500 mm mit einer größten Länge von 6 und einer größten Breite von 1,65 m hergestellt. Die Dicken liegen zwischen 0,1 bis 80 mm. Unterschieden werden: geschliffene, polierte und Wellbleche.

Zinkbänder werden in Breiten bis zu 800 mm und einer

Länge bis 60 m ohne Lötung hergestellt.

Verzinkte Bleche gelangen in den Größen und Dicken der Feinbleche aus Stahl zur Verwendung.

Zinkbleche können verkupfert, vermessingt, verchromt.

vernickelt und versilbert werden.

In Tafel 1 sind die Walzwerkstoffe aus Zink enthalten: Benennung, Lieferungszustand, Wichte, Festigkeitswerte, Härte und Richtlinien für die Verwendung. Mangels Normung nach DIN sind diese Angaben von der Zweckberatungsstelle als Merkblätter herausgegeben.

f) Verarbeitung von Zink.

Die für die einzelnen Verwendungszwecke geeigneten Bleche werden nach Gesichtspunkten der Verformbarkeit und mechanischen Beanspruchung ausgewählt. Bleche aus Feinzink und Sondergüten kommen vor allem in Frage, wenn hohe Verformbarkeit verlangt wird, jedoch keine besonderen Ansprüche an die Festigkeit gestellt werden. Die Handelgüte ist etwas weniger gut verformungsfähig als die anderen Sorten, doch besitzt sie eine etwas höhere Festigkeit als Feinzink.

Die Zinkwalzerzeugnisse lassen sich gut tiefziehen,

drücken, prägen und biegen.

Zink und Zinklegierungen lassen sich durch richtige Wahl geeigneter Lote, Lötmittel und Arbeitsweisen gut durch Lötung miteinander verbinden. Doch ist in allen Fällen, in denen die Lötung nicht unbedingt erforderlich ist, schon im Interesse der Abfallverwertung eine andere Verbindungsart, wie Schweißen. Falzen, Nieten oder Schrauben zu wählen.

Man lötet entweder mit den bei Messing gebräuchlichen

Weichloten oder nach besonderen Verfahren.

Das Hartlöten von verzinktem Stahlblech unter Anwendung von Zinkdraht im Austausch gegen Weichlot gewinnt steigende Bedeutung. Es werden gleiche Flußmittel wie beim Schweißen angewandt.

Zink und Zinklegierungen lassen sich im allgemeinen gut schweißen, wobei nur einige Übung im Stahlblechschweißen erforderlich ist. Geschweißt wird nach dem Gasschmelz-Schweiß-

verfahren, wobei Feinzinkdrähte verwendet werden.

Die elektrische Lichtbogenschweißung ist bei Zink nicht anwendbar, dagegen kann die Arcatomschweißung gegebenenfalls angewendet werden. Widerstandsschweißung, wie Stumpf-, Punkt- und Nahtschweißung sind möglich.

Die Hammerschweißung ist an sich möglich, empfiehlt

sich aber nur in Ausnahmefällen.

Zink läßt sich falzen, am besten quer zur Walzrichtung. Niet- und Schraubenverbindungen sind möglich,

werden aber seltener ausgeführt.

Als Formguß kommt reines Zink kaum noch zur Verwendung, es wird zu Platten, Barren und Knüppeln vergossen, die dann gewalzt, gepreßt oder hier und da auch verschmiedet werden. Über das Gießen von Zinklegierungen siehe den Abschnitt "Zinklegierungen". Ebenda ist auch die Oberflächenbehandlung dargestellt. Bei der Zerspanung von Zink werden etwas höhere Schnittgeschwindigkeiten als bei der des Messings angewendet Im allgemeinen braucht man keine Sonderwerkzeuge dafür, ausgenommen beim Feilen. Hierfür eignen sich Raspeln oder einhiebige Feilen, weil Feilen mit doppeltem Hieb rasch verschmieren.

g) Verzinkung.

Die hauptsächlichsten Verzinkungsverfahren sind:

Die Staubverzinkung, die Verzinkung mit Einstreusalmiak, die Trockenverzinkung, die Naßverzinkung, das Bleiverzin-

kungsverfahren, die Spritz- und die Elektroverzinkung:

Die Staubverzinkung, das Sherardisierverfahren, erfolgt in mit Zinkstaub gefüllten luftdicht verschlossenen Gefäßen, die einer starken Erhitzung ausgesetzt werden. Das Verfahren kommt nur für kleinere Teile zur Anwendung.

Bei der Verzinkung mit Einstreusalmiak wird der zu verzinkende Gegenstand mit Salmiakpulver bestreut und in ein Zinkbad gebracht. Es wird bei großen und sperrigen

Stücken angewendet.

Die Trockenverzinkung geschieht zwar auch im flüssigen Zinkbad, doch werden die zu verzinkenden Teile nach sorgfältiger Beizung vorher in einem Trockenofen bis auf 200° erwärmt. Dagegen werden die Gegenstände bei der Naßverzinkung dem mit einer Salmiakdecke überzogenen Zinkbade aus der Säurebeizung noch feucht zugeführt. Das Salmiak ninmt alle Beizreste auf, so daß die zu verzinkenden Teile nach Passieren der Decke völlig gereinigt sind. Die Trockenverzinkung hat zwar den Vorteil, daß die Gegenstände nur kurze Zeit im Bad zu verbleiben brauchen, doch dauern dafür die Vorbereitungen länger und die Einrichtung ist teurer. Ein Nachteil der

Naßverzinkung ist die Bildung von Hartzink. Beide Verfahren haben jedoch ihre Vor- und Nachteile für bestimmte Anwendungsgebiete. Die Wahl richtet sich also ganz nach der Art der

Verwendung.

Das Bleiverzinkungsverfahren kann entweder als Trocken- oder als Naßverzinkung durchgeführt werden. Das Bad ist in diesem Falle vorwiegend mit Blei gefüllt, dessen Oberfläche eine geringe Zinkschicht bedeckt. Obgleich dieses Verfahren eine gewisse Zinkersparung mit sich bringt, wird es weniger angewendet als die anderen.

Bei der Spritzverzinkung werden die Gegenstände mit

der Spritzpistole bespritzt.

Die Elektroverzinkung hat in den letzten Jahren immer mehr Anklang gefunden, weil sie es ermöglicht, Zinküberzüge schnell und mit einem glänzenden Aussehen herzustellen. Bei sachgemäßer Durchführung des Verfahrens lassen sich auf diesem Wege Zinküberzüge herstellen, die mit ihrem Aussehen der Kadmierung und Vernickelung gleichwertig sind. Durch entsprechende Zusammensetzung des galvanischen Zinkbades sind auch Zinküberzüge mit besonders harten Eigenschaften zu erhalten. Da die Elektroverzinkung verhältnismäßig wenig Devisen gegenüber Kadmium und Nickel erfordert, kommt diesem Verfahren gerade bei uns erhöhte Beachtung zu.

5. Das Nickel.

a) Allgemeines und Vorkommen.

Nickel (chemisches Zeichen Ni) wurde in Europa um die Mitte des 18. Jahrhunderts durch den Schweden Cronstedt bekannt, doch wird es erst seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bei uns gewonnen und verarbeitet. Es ist ein ziemlich selten vorkommendes Metall, das sich in einigen Erzen, namentlich in Verbindungen mit Arsen und Schwefel, findet. Meist wird das Nickel heute aus den Nickelerzen Magnetkies, einer Nickel-Eisen-Schwefelverbindung, und Garnierit gewonnen. Das erstere wird hauptsächlich in Kanada, das letztere in Neu-Kaledonien in der Südsee gefunden. Nickel findet sich aber auch in Verbindung mit Arsen und Antimon neben Kobalt, Kupfer, Eisen u. a. Hierzu gehören: Kupfernickel, Antimonnickel, Weißnickelkies, Antimonnickelglanz, Arsennickelglanz u. a. Ferner gibt es schwefelhaltige Nickelerze wie Nickelkies und Wismutnickelkies. Garnierit ist ein Nickelsilikat, d. h. eine Verbindung kieselsaurer Salze von Nickel. Das Nickel ist meist nur in geringen Mengen in den Erzen enthalten. Es gibt Schwefelkiese mit 1 bis 7% Ni, Magnetkiese mit 3 bis 31/4%

und Arsenkiese mit ¼ bis 17% Ni. Nickel ist ein deutscher Name, der dem Metall vermutlich schon im Mittelalter von Bergknappen des sächsischen Erzgebirges gegeben wurde, als sie gewisse rote Erze auf Kupfer zu verarbeiten suchten, stattdessen aber ein sprödes, für ihre Zwecke unbrauchbares Metall erhielten. So verbreitete sich der Glaube, daß böse Erdgeister (Kobolde oder Nickel) ihnen mit einem scheinbar wertvollen, in Wahrheit jedoch wertlosen Metall einen Schabernack spielen wollten. Die nickelhaltigen Erze wanderten daher auf die Schutthalden, aus denen sie erst viel später wieder mühsam herausgeholt und auf Nickel verarbeitet wurden.

Obwohl die deutschen Nickelerzlagerstätten heute nur noch wenig abbauwürdig sind, hat sich die deutsche Nickelindustrie zu hoher technischer Vollkommenheit und Leistungs-

fähigkeit entwickelt.

b) Eigenschaften des Nickels.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Nickelindustrie beruht einerseits auf der Unentbehrlichkeit des Nickels in der neuzeitlichen Metallindustrie, zum andern in der Wertsteigerung (Veredelung) der eingeführten Rohstoffe durch Weiterverarbeitung zu hochwertigen Fertigerzeugnissen, die in beträchtlichem Umfange ausgeführt werden.

Nickel ist ein weißes Metall, dessen Festigkeitseigenschaften etwa denen von weichem Stahl entsprechen. Es zeichnet sich durch hohe Korrosions beständigkeit gegenüber Laugen, vielen Säuren und Salzlösungen, ferner gegen Wasser, Dampf und atmosphärische Einflüsse aus. Von besonderer Bedeutung ist die hohe Hitzebeständigkeit und der hohe elektrische Widerstand des Nickels. Es ist daher ein wichtiger Baustoff für die chemische Industrie. Seiner hohen Korrosionsbeständigkeit wegen verwendet man das Nickel zur Herstellung von Schutzschichten und als wichtigen Legierungsbestandtelfür hochwertige rost-, säure- und hitzebeständige Stähle. Selbst kleine Zusätze von Nickel genügen schon, um bedeutende Verbesserungen in den Festigkeitseigenschaften der verschiedensten Metalle herbeizuführen.

Seiner chemischen Natur nach steht das Nickel zwischen den edlen und den unedlen Metallen. Bei gewöhnlicher Temperatur ist seine Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse besonders hoch, es wird aber auch beim Erhitzen an der Luft im Dauerbetrieb bis zu Temperaturen von 500° nicht angegriffen. In kohlensäurehaltigen Wässern überzieht sich das Nickel nach kurzer Zeit mit einem Schutzüberzug, der einen

weiteren Angriff verhindert.

Nickel ist im reinen Zustande so weich und zähe wie Kupfer und läßt sich leicht ziehen, walzen, strecken, schmieden, schweißen, härten und polieren. Die Wichte des Nickels beträgt 8,85 g/cm³, es schmilzt je nach Art und Menge der natürlichen Beimengungen bei 1400 bis 1450³. Seine Brinellhärte (5/250/30) beträgt weichgeglüht 80 bis 90 kg/mm², hartgewalzt 180 bis 220 kg/mm². Die Zugfestigkeit weichgeglühten Nickels beträgt 40 bis 45/kg/mm² bei einer Dehnung von 40 bis 50%; hartgewalztes Nickel hat eine Zugfestigkeit von 70 bis 80 kg/mm² bei 2% Dehnung.¹) Die Ausdehnungszahl des Nickels ist zwischen 0 und 100° = 0,000013. Zusätze von 1 bis 2% Mangan erhöhen die Festigkeit und Hitzebeständigkeit des Nickels.

c) Verwendung des Nickels.

Nickel ist Sparstoff, da es in Deutschland fast nicht mehr vorkommt, seine Verwendung ist daher auf das unungänglich Notwendige zu beschränken. Wegen seiner hohen Korrosionsbeständigkeit ist es jedoch für manche Verwendungszwecke heute noch unentbehrlich, das gilt besonders für Maschinen, Apparate und Behälter der chemischen Industrie. In vielen Fällen genügt aber Vernickelung oder Plattierung. Als Legierungsbestandteil im Stahl läßt sich Nickel vielfach durch Chrom oder Molybdän ersetzen. (DIN Vornorm 1663...Chrom- und Chrom-Molybdänstähle).

Wo es lediglich auf das Aussehen ankommt ist Nickel weitgehend durch andere weniger devisenbelastete Werkstoffe auszutauschen. Dahingegen ist ein Austausch gegen andere Werkstoffe gar nicht oder nur beschränkt möglich, wenn das eletrische oder magnetische Verhalten, die Wärmeausdehnung oder die Hitzebeständigkeit die Wahl hochnickelhaltiger Legierungen bedingt. (Für magnetische Zwecke wird neuerdings hochsiliziumhaltiges Eisen an Stelle von nickelhaltigem verwendet.)

d) Gewinnung des Nickels.

Die Trennung des Arsens und Kupfers vom Nickel bereitet bei der Verhüttung der Erze erhebliche Schwierigkeiten. Mantreunt deshalb die arsenhaltigen, die kupferfreien bzw. kupferarmen und die kupferreichen Erze und verhüttet sie je nach besonderen Methoden.

Kupferarme oder kupferfreie Erze (Garnierit) werden mit schwefelhaltigen Zuschlägen, wie Schwerspat, Gips usw. ge-

¹⁾ Näheres über Festigkeit, Dehnung und Härte siehe Band "Werkstoffe" Teil I.

mengt, brikettiert und mit Koks im Schachtofen geschmolzen. Dabei gewinnt man den sogenannten Nickelrohstein, der fast das gesamte Nickel, das Kupfer, einen Teil des Eisens und Schwefel enthält, er hat etwa folgende Zusammensetzung:

35—40% Nickel, 40—45% Eisen, 0,03—0,06% Kupfer, 20—30% Schwefel. Der Rohstein wird zunächst grob gebrochen, dann fein gemahlen und im Flammofen geröstet. Das Röstgut wird mit quarzhaltigen Zuschlägen im Schachtofen zu Konzentrationsnickelstein verschmolzen und dieser zur Oxydation des Eisens im Konverter verblasen. Hierbei geht fast das ganze Eisen und Kupfer in die Schlacke. Das Ergebnis ist Nickelfeinstein mit einer ungefähren Zusammensetzung von:

77-78% Nickel; 0,10-0,15% Eisen; 0,06-0,08% Kupfer;

20-25% Schwefel.

Dieser Nickelfeinstein wird fein gemahlen und zur Beseitigung des Schwefels mehrfach geröstet. Dabei tritt an die Stelle des Schwefels Sauerstoff, man erhält Nickeloxydul (Ni₂O) mit etwa folgender Zusammensetzung:

77-78% Nickel; 0,20-0,25% Eisen; 0,08-0,10% Kupfer;

0,10% SiO2; der Rest ist Sauerstoff.

Die Verhüttung der kupferhaltigen, stets schwefelhaltigen Nickelerze zerfällt in die oxydierende Röstung des Erzes, das Verschmelzen zu Rohstein und dessen Verblasen zu Feinstein. Geröstet wird das Erz im Flammofen, das Röstgut im Flammoder Schachtofen verschmolzen und im Konverter zu Feinstein verblasen.

Das nach beiden Verfahren gewonnene Nickeloxydul wird durch Bindemittel zu Rondellen oder Würfeln gepreßt, die in Holzkohlenpulver verpackt mehrere Stunden lang in Retorten aus feuerfestem Stein geglüht und zu Nickelmetall reduziert werden. Das so gewonnene Rohnickel enthält etwa folgende Beimengungen:

0,35% Eisen; 0,12% Kupfer; 0,01% Schwefel; 0,03% Sili-

zium; 0,20% Kohlenstoff; Rest Nickel und Kobalt.

In neuerer Zeit findet die elektrolytische Raffination des Nickels in wachsendem Umfange Anwendung. Sie gestattet ein Metall mit einem Reinheitsgrad von 99,5 % Ni zu erzielen.

e) Normung des Nickels.

Rohnickel ist nach DIN 1701 genormt. Unterschieden werden dabei: Würfelnickel, Rondellennickel, Plattennickel, Granaliennickel, Kathodennickel (Elektrolytnickel) und Umgeschmolzenes Nickel. Die genormten Kurzzeichen sind: Wüni, Roni, Plani, Grani, Kani und Uni. Der Reingehalt an Nickel ist für die vier erstgenannten Sorten 98,5%, für Kani 99,5% und für Uni 96,75%.

f) Verarbeitung des Nickels.

Nickel wird in Kokillen oder in Sandformen vergossen, wobei geringe Zusätze von Mangan (bis 0,5%) und Magnesium (bis 0,1%) zur Desoxydation und Entschwefelung erforderlich sind. Gegossen wird es aus einerTemperatur von 1540—1600°.

Die günstigste Temperatur für die Warmverformung des Nickels sind 1100°. Im übrigen läßt es sich wegen seiner hohen Delinbarkeit auch gut kalt verformen, doch ist Glühung unter Luftabschluß und manchmal auch Zwischenglühung je nach Dicke des Werkstoffs bei 600 bis 780° erforderlich.

Zerspant werden kann Nickel wie harter, zäher Maschinenbaustahl. Man verwendet zweckmäßig hohlgeschliffene Schnell-

arbeitsstähle, damit der Span gut abfließen kann.

Nickel läßt sich autogen und elektrisch unter Verwendung

geeigneter Schweißpasten schweißen.

Lötung wird bei Nickel selten angewandt, da die Lötnaht weniger korrossionsbeständig ist. Zum Weichlöten wird Zinnlot

benutzt, zum Hartlöten Schlaglot und Silberlot.

Vernickelungen werden auf galvanischem Wege durchgeführt. Als Elektrolyte dienen dabei Nickelsalzbäder. Der zu vernickelnde Gegenstand wird als Kathode in das Bad gehängt. Die Anode besteht aus Reinnickel. Wiehtig ist die richtige Badzusammensetzung und die voraufgehende vollständige Reinigung des Werkstücks. Vor allem müssen alle dem Werkstück anhaftenden Öle, Fette, Reste von Polierpaste usw. beseitigt werden. Dabei genügt eine mechanische Reinigung nicht, man reinigt vielmehr mechanisch und chemisch. Vielfach erfolgt die Entfettung auch elektrolytisch in besonderen Entfettungsbädern. Gute und haltbare Vernickelung setzt große Erfahrung voraus.

Nickelplattierungen werden heute viel verwendet. Nickel und Stahl können, da beide Metalle fast die gleiche Schweißtemperatur haben, sehr fest aufeinander gewalzt werden. Nickelplattierte Stahlbleche verziehen sich nicht, da die Wärmeausdehnung beider Metalle fast die gleiche ist. Das Stahlblech kann einseitig oder doppelseitig mit Nickel plattiert werden. Die Stärke der Nickelschicht beträgt 5 bis 20% des Grundmetalls.

Nickelplattierte Stahlbleche können wie Stahlbleche gestanzt, gezogen, gebogen oder gedrückt werden. Zum Drücken und Planieren darf man keine Werkzeuge aus Stahl verwenden, sondern solche aus Kupferlegierungen, da Stahl die Oberflächengüte beeinträchtigen könnte. Die Bleche lassen sich schweißen, was besser ist als nieten. Dünne Bleche (bis 3 mm) schweißt man nur mit Nickel, bei dickeren Stahlblechen schweißt

man Unterlage und Nickelschicht getrennt.

6. Einige andere wichtige N-E-Metalle.

Außer den vorstehend besprochenen werden andere, darunter manche recht seltene Metalle in zunehmendem Umfange industriell verwendet. Sie dienen vorwiegend als Legierungsmetalle, spielen aber trotz ihrer Seltenheit eine bedeutsanne Rolle, weil meist schon ganz geringe Zusätze eines oder mehrerer dieser Metalle die Eigenschaften der Legierung erheblich zu beeinflussen vermögen. Die Reihenfolge der Darstellung der Metalle erfolgt hier nicht nach ihrer Zugehörigkeit zu den einzelnen Gruppen des periodischen Systems der chemischen Elemente, also nicht nach chemisch wissenschaftlichen Grundsätzen, sondern nach der Häufigkeit der derzeitigen Verwendung in der Metallindustrie.

a) Kadmium.

Das Kadmium, auch Cadmium geschrieben (chemisches Zeichen Cd), wurde 1817 von deutschen Chemikern in unreinem Zinkoxyd entdeckt. Es findet sich nicht sehr häufig und nur in einem einzigen selbständigen Mineral, der Kadmiumblende, einer Schwefel-Kadmium-Verbindung. Häufiger findet man es in Begleitung von Zinkerzen, wie Zinkblende und Galmei. Bei der Verhüttung dieser Erze wird es aus dem bei Beginn der Zinkdestillation sich bildenden gelblich-braunen Rauch und aus dem Zinkstaub gewonnen. Ausgangsstoffe für die Gewinnung von Kadmium sind auch die Rückstände der elektrolytischen Zinkgewinnung und diejenigen der Farbenfabriken, die Zinkstaub verwenden. Man gewinnt das Kadmium aus Gemischen von Zink und Kadmium durch Behandlung mit Schwefel- und Salzsäure, wobei sich zuerst das Zink löst. Aus dem weiter behandelten Rückstand scheidet es sich schließlich mit einem Reinheitsgrad von 99,5 bis 99,8% ab. Da das Kadmium vorwiegend ein Nebenerzeugnis der Zinkgewinnung ist, stellt man es bei uns aus deutschen Rohstoffen her. Im übrigen findet sich in einigen Teilen Deutschlands auch Kadmiumblende, so bei Brilon in Westfalen und Pribram in Böhmen.

Kadmium hat eine Wichte von 8,6 g/cm³, sein Schmelzpunkt liegt bei 320³. Es ist silberweiß mit einem Stich ins Bläuliche, es hat starken Metallglanz und ist im reinen Zustande so weich, daß es abfärbt. Bei geringem Zinngehalt wird es sehr spröde. Da es sehr dehnbar ist, kann man es leicht zu Blech und zu dünnsten Folien walzen. An der Luft oxydiert sieh das Metall nur wenig. Erhitzt verbrennt es zu Kadmiumoxyd. Es löst sich leicht in Salpetersäure, in Schwefel- und Salzsäure dagegen nur schwer. In den Handel kommt es in

Stäben, Platten und Blechen. Man verwendet das Kadmium meist zur Herstellung von Schutzüberzügen für Metallwaren.

Der Kadmiumüberzug ist heller und glänzender als Verzinkung oder Vernickelung und von größerer Widerstandsfähigkeit gegen Einflüsse der verschiedensten Art. Die Herstellung des Kadmiumüberzuges erfolgt auf galvanischem Wege, wobei es gegenüber Zink den Vorzug schnellerer Abscheidung hat. Man rechnet für einen wirksamen Rostschutz mit einem Überzug in Stärke von etwa 0,005 bis 0,007 Millimeter, wozu etwa 20 bis 30 Gramm Kadmium je Quadratmeter erforderlich sind. Kadmiumüberzüge sind zwar etwas teurer als Vernickelung, doch haben sie den Vorzug größerer Rostsicherheit. Bei Versuchen zeigten Kadmiumüberzüge selbst nach einer Einwirkungsdauer von 70 Tagen noch keinerlei Rostmerkmale, während eine sehr gute Verzinkung schon nach 27 Tagen, eine Vernickelung sogar schon nach zwei Stunden rostete.

Ein weiteres Anwendungsgebiet des Kadmiums sind Legierungen mit niedrigem Schmelzpunkt, auf die an anderer Stelle eingegangen wird. Zur Herstellung von Akkumulatoren für Grubensicherheitslampen wird Kadmium in Platten gebraucht. Ferner verwendet man Kadmium zur Herstellung von Amalgamen und Metallkitten mit Quecksilber, Wismut und Zinn. Mancherlei Verwendung finden auch Kadmiumsalze. So zur Erzeugung von Kadmiumsulfid, einem hell- bis dunkelgelben, geruch- und geschmacklosen Pulver, das zur Herstellung von Druck- und Ölfarben, zum Färben teurer Papiersorten und

zur Färbung von Luxusglas benutzt wird.

b) Mangan.

Eines der für die Gewinnung von Mangan (chemisches Zeichen Mn) wichtigsten Erze, der Braunstein, war schon den alten Römern bekannt, die ihn zur Glasfärbung verwendeten. Man hielt ihn für eine Abart des Magneteisensteins. Erst um die Mitte des 18. Jahrhunderts wurde der Nachweis erbracht, daß Braunstein überhaupt kein Eisen enthält. 1714 entdeckten die deutschen Chemiker Scheele und Gahn das Grundmetall des Braunsteins, das von Franzosen Manganesium genannt wurde, woraus der Name Mangan entstand. Mangan findet sich in vielen Eisenerzen, besonders aber in dem Spateisenstein des Erzvorkommens im Siegerland und in der Steiermark. Die deutschen Lagerstätten eigentlicher Manganerze sind größtenteils ausgebeutet. Größere Lager finden sich in Rußland, Indien, Westafrika, Ägypten und Brasilien.

Zur Herstellung reinen, technisch kohlenstoffreien Mangans verwendet man möglichst reines Manganoxyd, das aus den Manganerzen gewonnen wird. Manganoxyd wird mit Aluminiumpulver gemischt und bei sehr hoher Temperatur in einem geeigneten Ofen geschmolzen. Reines Mangan ist weißgrau und so hart, daß es von einer scharfen Feile nicht merklich angegriffen wird. Mit eckigen Stücken kann man Glas ritzen. Es ist sehr polierfähig und hält sich längere Zeit blank. Wegen seiner Sprödigkeit läßt es sich leicht pulvern. In verdünnten Säuren löst es sich, in konzentrierten jedoch nur beim Erwärmen.

Das reine Mangan enthält bei einem Reinheitsgrad von 97 bis 98% bis 1,5% Eisen, 1 bis 1,5% Silizium, 0,5 bis 1% Aluminium und Spuren von Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff. Seine Wichte beträgt im Mittel 7,1 g/cm³. Es schmilzt

bei etwa 1300°.

Verwendet wird es ausschließlich als Legierungsmetall: Im Stahl als Desoxydationsmittel zur Entfernung des Eisenoxyduls. In perlitischen und martensitischen Stählen zur Erhöhung der Härte und Festigkeit. In austenitischen Stählen zur Erzielung höchster Verschleißfestigkeit und in Verbindung mit

Chrom zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit¹).

In der Metallgießerei dient Mangan als Desoxydationsmittel zur Entfernung des Kupferoxyduls. In Manganbronzen zur Erzielung guter Festigkeitseigenschaften bei hohen Temperaturen. In Mangan-Kupfer-Legierungen mit Nickelzusatz für Thermo-Elemente und Widerstandsdrähte. In Mangan-Kupfer-Legierungen mit Aluminiumzusatz als Magnet-Legierungen und in Aluminium-Legierungen zur Erzielung guter Festigkeitseigenschaften.

c) Chrom.

Das Chrom (chemisches Zeichen Cr) ist verhältnismäßig nicht so sehr selten. Gediegen kommt es jedoch nicht vor, es findet sieh aber in verschiedenen Mineralien wie Chromeisenstein, Chromglimmer, Chromoker, Pyrop u. a. Ausgangsstoff für die Chromerzeugung ist in erster Linie der Chromeisenstein, eine Verbindung von Chromoxyd mit Eisenoxyd, Magnesiumoxyd oder Tonerde. Chrom wird sowohl auf chemischem als auch auf elektrolytischem Wege gewonnen. Obwohl schon im Jahre 1797 entdeckt, wurde Chrom erst 1854 als reines Metall elektrolytisch von dem Deutschen Physiker Bunsen gewonnen. Es ist silberweiß, sehr hart und spröde. Seine Wichte ist 7,0 g/cm³, es schmilzt bei 1830°. An der Luft verändert es sich nicht und läßt sich gut polieren. Beim Glühen oxydiert es langsam. Heute wird das Chrom meist nach dem sogenannten

¹⁾ Siehe Band "Werkstoffe" Teil I.

aluminothermischen Verfahren (nach Goldschmidt) aus Chromoxyd gewonnen. Dieses wird mit Aluminiumpulver gemischt und das Gemisch in geeigneten Öfen reduziert. Das entstandene Chrommetall setzt sich am Boden des Ofens ab und wird nach Erkalten von der darüber befindlichen Schlacke

mechanisch getrennt.

Das aluminothermisch gewonnene Chrom zeichnet sich durch besonders hohe Korrosionsbeständigkeit aus. Es wird hauptsächlich als Legierungsbestandteil und für Schutzüberzüge verwendet. Im Stahl dient es als Karbidbildner zur Erhöhung der Festigkeit, der Korrosions- und der Warmbeständigkeit. Eine Hauptrolle spielt es in rostfreien und hochitzebeständigen Stählen. Im Gußeisen bewirkt es Verminderung des Graphitanteils, erhöht die Festigkeit, Härte und Feuerbeständigkeit. Besonders wirksam ist es in Verbindung mit Nickel und Morybdän. Im Metallguß erhöht es die Bruchfestigkeit. Chrom-Nickellegierungen werden für Thermoelemente und Widerstandsdrähte verwendet.

Chrommetall mit einem Reinheitsgrad von 99% ist praktisch kohlenstoffrei. Es wird hauptsächlich für Chrom-Nickellegierungen gebraucht. Bei Legierungen, die viel Eisen enthalten, kommt das im Elektroofen hergestellte Ferrochrom mit 60 bis 70% Cr und nicht mehr als 0,4% C oder das höher kohlenstoffhaltige Ferrochrom unter 10% C zur Verwendung. Weitgehende Verwendung finden die verschiedensten Chromverbindungen in der chemischen Industrie, namentlich in der Industrie

der Farbstoffe.

Die elektrolytische Verchromung hat in den letzten Jahren eine hohe Bedeutung erlangt, wozu vor allem die außerordentliche Härte, die Korrosionsbeständigkeit und der schöne Metallglanz des Chroms beigetragen haben. Sie wird daher zur Oberflächenveredelung von Metallen angewendet. Ein besonderes Gebiet ist die sogenannte Hartverchromung von Preßformen, Lehren, Werkzeugen und anderer Gegenstände, die eine außerordentlich harte Oberfläche erhalten sollen.

Leider gehen die bekannten Chromvorkommen bald ihrer Erschöpfung entgegen. Heute decken nur die Vereinigten Staaten von Nordamerika einen größeren Teil ihres Bedarfes aus eigenen Vorkommen. Die deutsche Erzeugung ist nur gering. Unsere Hauptlieferanten an Chrommineralien sind die Türkei, Südafrika, Britisch-Indien, Neu-Kaledonien, Kuba, Rußland

und Griechenland.

d) Wolfram.

Wolfram (chemisches Zeichen W) wurde 1781 von Scheel entdeckt, gelangte aber erst Ende des 19. Jahrhunderts zu industrieller Verwendung. Es findet sich mineralisch als Wolframit, Hübnerit, Scheelit, Herberit u. a. in Begleitung anderer Metalle, wie Zinn, Zink, Blei, Eisen, Wismut, Mangan u. a. Haupterzländer sind China, Indochina, Australien, Neu-

seeland, Bolivien, Spanien, Portugal.

Das Wolframmetall ist weiß und glänzend, Wolframpulver grau. Es wird aus den Wolframerzen abgeschieden und meist als Wolframsäure weiter verarbeitet. Durch Reduktion der Wolframsäure im Wasserstoffstrom entsteht metallisches Wolfram in Pulverform, das zu Preßstücken weiterverarbeitet wird. Reines Wolframmetall mit 98 bis 99% W wird für Legierungszwecke hergestellt. Meist wird jedoch Ferrowolfram mit rund 80% W verwendet.

Wolfram ist sehr schwer (Wichte 19 g/cm³) und hat einen so hohen Schmelzpunkt (3660°), daß es sich im Schmelzverfahren nicht gewinnen läßt, sondern nur durch Sinterung. Das reine Metall wird in der Glühlampen- und ElektronenröhrenIndustrie in Form feiner Drähte verwendet. Wolframkarbid bildet einen Hauptbestandteil der gesinterten und gegossenen Hartmetalle¹). Im Stahl dient das W als Karbidbildner und verleiht dem Schnellarbeitsstahl die bekannte hohe Warm-

festigkeit.

e) Molybdan.

Das Molybdan (chemisches Zeichen Mo) gehört zu den seltenen Metallen. Es wurde gegen Ende des 18. Jahrhunderts entdeckt, hatte aber lange Zeit nur wissenschaftliche Bedeutung. Wie Wolfram erlangte es erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts, besonders aber seit dem Weltkriege, industrielle Bedeutung. Es findet sich an vielen Stellen der Erde, allerdings nur in ganz geringen Mengen, so daß eine Verarbeitung der Verbindungen meist nicht lohnt. Die wichtigsten verarbeitungswürdigen molybdänhaltigen Mineralien sind Molybdänglanz oder Molybdänit und - allerdings seltener - Wulfenit oder Gelbbleierz. Hauptfundstätten sind U.S.A., Marokko und Norwegen. Geringe Mengen sind auch im Mansfelder Kupferschiefer enthalten, die als Nebenerzeugnisse bei der Kupfergewinnung anfallen. Auch in der Steiermark und in Kärnten finden sich noch abbauwürdige Mengen von Wulfenit. Gewinnung, Eigenschaften und Verwendung des Molybdäns ähneln denen des Wolframs. Molybdän-Metallstücke und Molybdändraht werden aus der Molybdänsäure in gleicher Weise hergestellt wie das Wolfram aus Wolframsäure. Das reine Molybdänmetall ist silberweiß, nicht sehr hart, hat eine Wichte von 10 g/cm² und

¹⁾ Vergl. "Werkstoffe" Teil I.

schmilzt bei 2390°. Es läßt sich polieren, schmieden und schweißen. Oxydiert bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft langsam, beim Erhitzen sehr rasch. Verwendet wird das Metall, das in einer Reinheit von 98 bis 99 % hergestellt wird, in Glühlampen als Zuführungs- und Halterungsdraht. Vor allem dient es aber als Legierungsmetall, meist in Form von Ferromolybdän mit 65 bis 75 % Mo, im Stahl für hochbeanspruchte Konstruktionsteile, zusammen mit Chrom und Nickel zur Erzielung hoher Streckgrenzen und Zähigkeitswerte. Ferner bei nichtrostenden, warmfesten Stählen und in Schnellarbeitsstählen zur Erzielung hoher Zähigkeit. Eine wichtige Rolle spielt das Mo als Austauschstoff für Nickel und Wolfram. Im Gußeisen dient es zur Verfeinerung der Graphitverteilung, Steigerung der Festigkeit und Härte bei gleichzeitiger Erhöhung der Zähigkeit.

f) Vanadium.

Vanadium oder Vanadin, wie es meist genannt wird, mit dem chemischen Zeichen V, gehört nicht zu den selten vorkommenden Metallen. Es kommt vielmehr in vielen Gesteinen, Mergeln usw. vor. Obgleich schon vor mehr als 100 Jahren entdeckt, gelangte es erst in unserer Zeit zu technischer Bedeutung.

Reines Vanadium ist ein blaugraues, glänzendes Metall mit einer Wichte von 5.688 g/cm³, es ist sehr hart, unmagnetisch und

schmilzt bei 1715°.

Reiche Vanadiumerze sind die Mineralien Descloizit und Mottramit. Haupterzländer sind: Deutsch-Südwestafrika, Rhodesien, Arizona, Mexiko, Kolorado. Auch in Großdeutschland sind Vanadinvorkommen, die teils sehon heute, teils in Zukunft ausgebeutet werden. In geringen Mengen findet sich V in manchen bei der Eisenverhüttung anfallenden Schlacken, in Schlacken und Abfällen anderer Metallerze und in den Aschen

einiger flüssiger Brennstoffe.

Die Vanadinerze werden durch Schmelzen mit Soda und Salpeter aufgeschlossen, wobei das V in lösliches Alkaligranadat übergeht, das mit Wasser ausgelaugt wird. Das Ergebnis ist schließlich ein Vanadiumoxyd. Reines Vanadin ist sehr schwer zu gewinnen und wird in der Technik fast gar nicht gebraucht. Meist verwendet man für Legierungen mit Eisen das nach dem Goldschmidtschen aluminothermischen Verfahren gewonnene Ferrovanadium mit einem Gehalt von 60 bis 96% V. Im Stahl wird das V als Desoxydationsmittel und Karbidbildner gebraucht, vor allem in Schmellarbeitsstählen. Ferner für Automobil- und Eisenbalmfedern zur Erzielung höchster Schwingungsfestigkeiten. In stark beanspruchten Baustählen zur Erlangung hoher Streckgrenzen. Und in der Metallgießerei als Desoxydationsmittel in Bronzen.

Das eigentliche Metall Kobalt (chem. Zeichen Co) wurde 1735 entdeckt, doch wurden Kobalterze schon früher zum Blaufärben von Glas verwendet. Das Kobalt ist ziemlich weit auf der Erde verbreitet, doch findet es sich nirgends in großen Mengen. Gediegen ist es bisher noch nicht gefunden worden. sondern nur in Verbindung mit Arsen, Schwefel oder Sauerstoff. Meist zusammen mit Nickel- und Wismut-, häufig auch mit Kupfer- und Silbererzen. Die wichtigsten Kobalterze sind: Speiskobalt und Erdkobalt. Kobaltreiche Nebenerzeugnisse erhält man bei der Verarbeitung mancher Erze, man stellt daher Kobalt auch aus Rückständen (Krätzen, Speisen, Schlacken usw.) der Blei- und Kupferverhüttung her. Haupterzländer sind Kanada, Neu-Kaledonien und das Kongogebiet. In Deutschland finden sich Erze in Sachsen und Böhmen. Meist gewinnt man das Co bei uns aber aus den erwähnten Rückständen und aus eingeführten Erzen. In der Farbe ähnelt das Kobalt dem Stahl, übertrifft diesen aber an Festigkeit, Härte und Zähigkeit. Wegen dieser Eigenschaften wird es als Legierungsmittel für hochwertige Werkzeugstähle (Kobaltstahl) und als Träger der Karbide in Hartmetallen verwendet. Seine Wichte beträgt 8,8 g/cm3, es schmilzt bei 1490°. Die Handelformen des Kobalts sind Granalien (d. s. Körner), kleine Würfel oder Rundstücke, die mit bis zu 99% Reinheit gewonnen werden.

h) Titan.

Dieses Metall macht etwa 1/2 % der Erdrinde aus, doch sind die mineralischen Vorkommen, aus denen das Titan (chem. Zeichen Ti) gewonnen wird, ziemlich selten. Es findet sich in einigen Erzen als Titansäure, wovon das Rutil das verbreitetste ist. Ferner in Titaneisenerzen. Rutil findet sich an einigen Stellen in der Ostmark und in Brasilien. Titaneisenerze finden sieh am meisten in Norwegen, Indien, Afrika und Kanada. Reines Titan sieht dunkelgrau aus und zeigt Metallglanz. Es zersetzt Wasser bei einer Temperatur von 100° unter Entwicklung von Wasserstoff und löst sich in verdünnten warmen Säuren. Die Wichte des Titans ist 4,5 g/cm², sein Schmelz-punkt liegt bei 1800°. Als reines Metall wird es kaum verwendet, doch bildet es als Ferrotitan mit einem Gehalt von 35 bis 40% Ti und auch mit geringeren Anteilen ein wichtiges Legierungsmetall des Stahls und des Gußeisens. Als Kupfer-Titan und als Aluminium-Titan-Kupfer wird es in der Metallgießerei verwendet. Im Stahl dient es als Desoxydationsmittel und Stickstoffbinder und zur Verhinderung der Karbidausscheidung bei rostfreien austenitischen Stählen. Im Gußeisen ist es Zusatz zum Emaille-Guß und dient zur Erzielung dichter Oberflächen. In der Metallgießerei als Desoxydationsmittel für Kupferguß, zur Erhöhung der Festigkeit, Härte und der Säurebeständigkeit. Als Zusatz zu Aluminiumlegierungen verfeinert das Titan das Korn und verbessert die Festigkeitseigenschaften.

i) Tantal, Niobium und andere.

Tantal (chem. Zeichen Ta) und Niobium (chem. Zeichen Nb) finden sich zusammen in den als Tantalite und Niobite bezeichneten Mineralien.

Auf chemischem Wege wird Tantalpulver gewonnen, das im elektrischen Hochvakuumofen durch Schmelzen oder Sintern zu geschmeidigem Metall verarbeitet wird. Tantal hat eine Wichte von 16,6 g/cm³, es schmilzt bei 3100°. Härte und Elastizität des so gewonnenen Metalls sind in weiten Grenzen zu beeinflussen. Im weichen Zustande ist das Metall gut zu bearbeiten. Tantal ähnelt in chemischer Beziehung dem Platin. Bei Temperaturen über 400° oxydiert es jedoch und verbrennt bei noch höherer Temperatur zu Tantalsäure.

Tantal ermöglichte erst die Herstellung elektrischer Glühlampen mit gezogenem Leuchtdraht, wurde aber später durch

das Wolfram verdrängt.

Die Verwendung von Tantal hat in den letzten Jahren ständig an Bedeutung zugenommen, was im wesentlichen auf seine Säurefestigkeit zurückzuführen ist. Es wird beispielsweise weder von Salzsäure noch von konzentrierter Schwefelsäure angegriffen; diese Beständigkeit gilt auch für höhere Temperaturen. Konzentrierte Salpetersäure, Ammoniak und Königswasser vermögen dem Tantal auch nicht viel anzuhaben. Lediglich Flußsäure und konzentrierten Alkalihydroxydlösungen

gegenüber ist es unbeständig.

Die früher sehr eng gezogenen Grenzen in der Verarbeitbarkeit von Tantal sind neuerdings wieder bedeutend erweitert worden, nachdem es gelungen ist, nahtlose Tantalrohre in lichten Weiten von 14 bis 38 mm herzustellen. Die Wandstärke der Rohre kann 0,5 bis 2 mm betragen, doch ist bei bestimmten Voraussetzungen auch eine solche von 0,3 mm möglich. Dünnwandige Rohre sind 1 m lang, bei über 1 mm Wandstärke kann die Länge bis zu 3 m betragen. Dickwandige Rohre mit geringen lichten Weiten können gebogen werden. Ferner können Eisen- und Kupferrohre mit Tantalüberzügen versehen werden. Bei Rohren mit über 0,5 mm Wandstärke ist es möglich, die Enden mit einem Flansch oder Gewinde zu versehen, so daß man sie beliebig zusammenfügen kann. Ferner ist die Herstellung von Röhren möglich, die an einem Ende nahtlos, gas-

und luftdicht verschlossen sind. Derartige Rohre werden als Heiz- oder Verdampfungskerzen benutzt. Man gebraucht sie zum Einbau in die Böden von Säuregefäßen, um deren Inhalt durch Dampf zu erhitzen. Gerade auf diesem Gebiete wirk die Einführung von Tantal umwälzend, da es früher kaum nöglich war, in wirtschaftlicher Weise Verdampfungsgefäße für

bestimmte Flüssigkeiten herzustellen.

Niobium wurde bisher nur wenig verwendet. Neuerdings ist es jedoch gelungen, dieses Metall als Legierungsbestandteil zur Herstellung besonders korrosionsbeständiger und rostfreier Stahlsorten zu benutzen. Es erhöht die Zugfestigkeit und Zähigkeit etwas und wirkt, wie auch Tantal und Titan in Verbindung mit Chrom und Nickel karbidbildend. Andere seltene Metalle, z. B. Zirkonium und Hafnium werden neuerdings ebenfalls versuchsweise als Zusätze zum Stahl herangezogen, doch liegen ausreichende Versuchsergebnisse für ihre Bedeutung noch nicht vor.

k) Antimon.

Das Antimon (lateinisch Stibium, chem. Zeichen Sb) wird hauptsächlich aus dem Antimonglanz oder Grauspießglanz (schwefelhaltig) und dem Weißspießglanz, auch An-

timonblüte genannt (sauerstoffhaltig) gewonnen.

Antimonmetall ist silberweiß glänzend, sehr spröde und luftbeständig. Es legiert sich gut mit Kupfer, Eisen, Gold, Silber, Zinn, Zink und Blei. Zusätze von Antimon verringern die Geschmeidigkeit der Metalle und erhöhen ihre Härte (Hartblei). Es wird zu Legierungen (Lagermetall, Schriftmetall, Britanniametall, Weißmetall usw.) zu Farben und chemischen Verbindungen verschiedenster Art verarbeitet. Seine Wichte ist 6,67 g/cm³, sein Schmelzpunkt beträgt 360°.

1) Wismut.

Mineralisch kommt Wismut (lateinisch Bismutum, chem. Zeichen Bi) als Wismutglanz und Wismutoker vor. Außer diesen Mineralien sind die wismuthaltigen Abfallerzeugnisse der elektrolytischen Kupferraffination wichtige Ausgangsstoffe

für die Wismutgewinnung.

Das Wismut ist ein weißes, an der Luft beständiges Metall, das in Salpetersäure und konzentrierter heißer Schwefelsäure löslich ist. Seine Wichte beträgt 9,8 g/cm³, es schmilzt bei 270°. Wismut legiert sich mit Blei, Gold, Kupfer, Kadmium, Magnesium, Silber und Zinn. Verwendet wird es zur Herstellung leicht schmelzender Legierungen in Verbindung mit Blei, Zinn, Kadmium und Quecksilber. Ferner bildet es einen Bestandteil des Britanniametalls und der Wismutbronze, die als Spiegelbelag, für Lampenreflektoren und dergl. verwendet wird.

m) Cerium oder Zer.

Ein seltenes Metall mit dem chem. Zeichen Ce, das in der Technik mancherlei Verwendung findet. Eine besondere Bedeutung hat es im Zereisen als Zündstein, das elektrolytisch aus bei der Verarbeitung von Monazitsand als Nebenerzeugnis gewonnene Zeritchlorid gewonnen wird. In der Heilmittelherstellung werden Ceriumverbindungen gebraucht.

n) Quecksilber.

Das Quecksilber (lateinisch Hydrargyrum, chem. Zeichen Hg) ist das einzige Metall, das bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist, es erstarrt erst bei — 38°. In der Natur kommt es selten gediegen vor und wird vorwiegend aus dem Mineral Zinnober, einer Quecksilber-Schwefelverbindung, gewonnen. Seine Wichte ist 13,5 g/cm³. Es ist an der Luft sehr beständig, verflüchtigt sich aber schon bei 360°. Quecksilberdampf ist sehr giftig. Verwendet wird es zur Feuervergoldung, zur bergmännischen Gold- und Silbergewinnung, zum Belegen von Spiegeln, zur Erzeugung von Amalgamen, d. h. es löst andere Metalle, wie Aluminium, Blei, Gold, Kadmium und Silber auf und bildet Legierungen. Ferner verwendet man es in vielen physikalischen Apparaten, Thermometern, in der Elektrotechnik für Gleichrichter, Quecksilberdampflampen u. a. m. In der Medizin dient Quecksilber als Heilmittel und eine Quecksilber-Chlorverbindung (HgCl₂), Sublimat, als Desinfektionsmittel.

o) Edelmetalle.

Darunter versteht man alle Metalle, die vom Sauerstoff feuchter Luft nicht chemisch angegriffen werden. Die bekanntesten sind: Gold, Platin und Silber. Es gehören aber auch eine Anzahl weniger bekannter Metalle wie Iridium, Osmium (der schwerste bekannte Stoff mit einer Wichte von 22,5 g/cm³),

Rhodium, Ruthenium und Palladium dazu.

Iridium ist durch seine große Härte bekannt. Osmium wird in der Elektroindustrie verwendet. Die übrigen Metalle haben größere Verbreitung als Schmuckmetalle gefunden, werden aber auch industriell mehr und mehr verwertet. So z. B. das Rhodium zur Oberflächenveredelung von Silbergeschirren, Tafelaufsätzen, Silberporzellanen usw. Palladium und seine Legierungen fanden bis vor kurzem Hauptverwendung zu Skalen und Kreisteilungen astronomischer Elemente, Implnadeln, als chemischer Kontaktstoff (Katalysator). Neuerdings werden Palladium-Silber-Goldlegierungen hergestellt, die neben ihrer chemischen Beständigkeit und leichten Verformbarkeit auf spanlosem und spangebendem Wege noch die besondere

Eigenschaft der Vergütbarkeit durch Warmbehandlung besitzen. Diese Legierungen werden in der Zahntechnik und für Federn der Füllfederhalter an Stelle der Federn aus 14 kar. Gold verwendet.

Die Zahl der Metalle, die eine technisch wertvolle Verwendung finden, ist heute schon so groß, daß es wohl kein Metall mehr gibt, mit dem nicht wenigstens schon Versuche nach der einen oder anderen Richtung angestellt wurden. Genannt seien Germanium, Gallium, Indium, Rhenium und Thallium. Diese Metalle sind so selten und ihre Gewinnung ist so kostspielig, daß sie bisher nur ganz wenig verwendet werden konnten, doch kann auch für sie die Zukunft noch manche heute noch nicht geahnte Verwendungsmöglichkeit bringen.

Hier wurden nur die Schwermetalle behandelt, über einige seltenere Leichtmetalle wird in dem Abschnitt über Leichtmetalle zu sprechen sein.

B. Legierungen der Schwermetalle¹)

Metalle werden im chemisch reinen Zustande selten unmittelbar verwendet. Da sich die meisten Metalle aber im flüssigen Zustande in beliebigen Verhältnissen mit anderen mischen lassen, kann man auf diese Weise ihre Eigenschaften verändern. Solche Metallgemische heißen Legierungen. Da es sich den Legierungen nicht um chemische Verbindungen handelt, lassen sich dafür keine allgemein gültigen Formeln aufstellen. Die Eigenschaften der Legierungen ändern sich meist im Verhältnis des Anteils der einzelnen Bestandteile. So ändern sich: Farbe, Schmelztemperatur, Wichte, Härte, Festigkeit, Wärmeund elektrische Leitfähigkeit, Gieß- und Schmiedbarkeit, Korrosionsfestigkeit usw. Legierungen des Quecksilbers mit anderen Metallen heißen Amalgame. Man legiert Schwermetalle untereinander, aber auch Schwer- und Leichtmetalle.

Die wichtigsten Schwermetall-Legierungen sind: Kupferlegierungen, Zinklegierungen, Zinnlegierungen, Blei- und Nickellegierungen. Ihre Zahl ist recht groß, nachstehend sollen die am meisten vorkommenden Sorten behandelt werden. Zuerst die Kupferlegierungen, das sind die Legierungen, in denen das Kupfer als Hauptanteil auftritt.

¹⁾ Über das Wesen der Legierung siehe Band "Werkstoffe", Teil I, Seite 106.

1. Kupfer-Zink-Legierungen.

a) Allgemeines und Herstellung.

Die Kupfer-Zink-Legierungen bezeichnet man als Messing, die Bezeichnung Tombak gilt für Legierungen mit mehr als 70% Kupfer. Die hohe Bedeutung des Messings erweist die Tatsache, daß rund 30% des Weltkupferverbrauchs auf die

Herstellung von Messing entfallen.

Man bezeichnet die Messinglegierungen nach ihrem Kupfergehalt in %. Die meist gebräuchlichen Messinglegierungen sind in DIN 1709 genormt. Blatt 1 enthält Angaben über Benennung, Zusammensetzung, Zustand und Verwendung. Gußmessinge unter 60 % Cu werden, sofern es sich nicht um Sondermessinge handelt, nicht verwendet. Dagegen findet man Messing legierungen, die warm verpreßt werden, bis zu einem Kupfergehalt von 53 %. Außer den in DIN 1709 Blatt 1 genormten Legierungen gibt es in den Grenzen von 54 bis 64 % Kupfergehalt noch viele nicht genormte Zwischenlegierungen, die sich nicht nur durch ihren Kupfer-, sondern auch z. B. durch ihren Bleigehalt usw. unterscheiden.

Meist wird Messing als Halbzeug in Form von Blechen, Bändern, Streifen, Stangen, Draht, Röhren oder Preßteilen aus Walz- und Schmiedemessing in den Messingwerken hergestellt, ein kleiner Teil als Formguß aus Gußmessing in

Form- und Armaturengießereien.

"Walz- und Schmiedemessing wird heutzutage fast ausschließlich in elektrischen Induktionsöfen mit einem Fassungsraum von 300 bis 1000 kg geschmolzen. Als Stromverbrauch werden 169 kWh je Tonne angegeben. Elektrische Schmelzöfen, die ihren Inhalt in Kühlkökillen entleeren, sind in jeder Gießerei der Messingwerke anzutreffen. Die Gußerzeugnisse in Form von Platten oder Knüppeln werden in den meisten Fällen zunächst von der Gußkruste wie vom Lunker befreit und dann, wenn es die Legierung zuläßt, warm gewalzt oder warm gepreßt.

Wirtschaftliche Gründe verlangen, große Einheiten zu gießen und diese dann möglichst weitgehend warm zu verformen. Die Gestehungskosten werden durch den großen Verformungsgrad beim Warmwalzen oder Warmpressen derart beeinflußt, daß man oft eine infolge des Einsatzes bedeutend teurere Legierung wählt, um die Möglichkeit einer Warmver-

formung auszunützen.

Werden höhere Anforderungen an die Oberfläche gestellt oder wird größere Maßgenauigkeit verlangt, wie bei allen Blechen und Bändern, so folgt auf das Warmwalzen und Warmpressen ein Kaltwalzen oder Kaltziehen. Schwache Abmessungen, verwickelte Profile und schwer verformbare Legierungen erfordern viele Kaltwalzungen bzw. Kaltzüge mit entsprechenden Zwi-

schenglühungen.

Üblicherweise ist der Verformungsgrad bei der Kaltverformung bedeutend geringer als bei der Warmverformung und erfordert außerdem bedeutend größeren Arbeitsaufwand. Dies im Verein mit den teuren und zeitraubenden Zwischenglühungen hat zur Einführung von Verfahren geführt, welche stärkere Kaltverformungen ermöglichen durch Verwendung von Vieroder Sechs-Rollenwalzwerken bei den Walzerzeugnissen, durch Ziehen mit mitgehender Stange bei den Rohren und durch Mehrfachziehen bei Draht.

Qualitätsgründe setzen aber in bestimmten Fällen sowohl einer zu weitgehenden Warm- als auch Kaltverformung Grenzen.

Durch den Bau gleichmäßig geheizter und selbsttätig regelbarer Glühöfen hat man es erreicht, die Wärmebehandlung in den Zwischen- und Endstadien so zu führen, daß eine voll-

kommen gleichmäßige Güte verbürgt wird.

Polierte Stahlwalzen, die auf Walzenschleifmaschinen genau geschliffen und poliert werden, ermöglichen die Herstellung von Blechen und Bändern unter Einhaltung geringster Toleranzen und einer Oberflächenbeschaffenheit, die in vielen Fällen ein Polieren erübrigt. Die Verwendung vergüteter Chromnickelstähle zu Warmpreßwerkzeugen ermöglicht größere Maßgenauigkeit und Anwendung hoher Drücke. Ziehwerkzeuge aus Hartmetall werden in immer steigendem Maße benutzt. Auch zum Warmpressen von großen Mengen gleichartigen Stoffes finden Hartmetallmatrizen Verwendung. Trotz der hohen Herstellungskosten haben sie sich infolge ihrer hohen Standfestigkeit bewährt. Auch sind die Toleranzen des mit diesen Preßmatrizen gepreßten Messings geringer.

Alle die genannten Umstände haben die Herstellung der Messinghalbzeuge dem Handwerksmäßigen entzogen. Sowohl die Fortschritte auf dem Gebiete der vergütbaren Stähle zum Bau der Werkzeuge als auch die wissenschaftliche Erforschung der Vorgänge beim Gießen, Verformen und Glühen, Hand in Hand mit der Vervollkommung der Maschinen, haben auf

die Herstellung der Halbzeuge befruchtend eingewirkt.

Auch der Messing-Formguß verdankt seine Gütesteigerung der wissenschaftlichen Untersuchung der verwickelten Vor-

gänge beim Gießen und Erstarren."1)

Kupfer und Zink treten in den Messinglegierungen als Mischkristalle auf, die Metalle sind also auf mechanischem Wege

¹⁾ Aus "Was muß der Ingenieur vom Messing wissen?" Herausgegeben vom Deutschen Kupfer-Institut E.V. (V.D.I.-Verlag, Berlin).

nicht mehr voneinander zu trennen, es sind Übergangsglieder von physikalischen Lösungen und chemischen Verbindungen.

Der verschiedene Kupfergehalt der Messingsorten zeigt sich äußerlich in der Farbe der Legierungen, doch darf man sich nicht durch Oxydationsfärbungen täuschen lassen und nur Metallflächen gleicher Beschaffenheit, etwa frischen Bruch, Schnitt- oder polierte Flächen miteinander vergleichen. Bei niedrigem Cu-Gehalt (bis 60%) ist die Farbe okergelb, mit steigendem Cu-Gehalt wird sie rötlichgelb (60—63%), dann grünlichgelb (67—72%) und geht schließlich ins goldgelbe (80%), mittelrote (85%) und dunkelrote (90%) über. Bei noch höherem Cu-Gehalt nähert sie sich der Kupferfarbe.

Geringe Zusätze anderer Metalle ermöglichen ähnliche Färbungen, z. B. mit Aluminium eine goldgelbe, mit Mangan eine rotbraune. Nickel erzeugt schon bei 15 % eine weiße Farbe.

Bedeutung anderer Metalle im Messing.

Im Messing finden sich gewollt oder ungewollt oft auch andere Stoffe als Kupfer und Zink, die weniger die Farbe, als die technologischen Eigenschaften und die Verwendungsmöglichkeiten des Messings beeinflussen. Aluminium, Arsen, Antimon, Blei, Eisen, Kobalt, Mangan, Nickel, Phosphor, Silizium, Wismut und Zinn kommen in mehr oder weniger großen Anteilen vor.

Abgesehen von geringen Verunreinigungen werden die Zusätze absiehtlich beigemischt, so entstehen Sondermessinge. Die Zusätze betragen 1 bis 4%, manchmal auch 5 bis 15%. Viele Sondermessinge werden fälschlich als Bronzen bezeichnet und gelangen unter diesem Namen in den Handel, obwohl nur Legierungen als Sonderbronzen bezeichnet werden sollen, die aus mindestens 78% Kupfer und Zusatzmetallen bestehen,

worunter Zink nicht überwiegen darf.

Ein Aluminiumzusatz trägt durch Bildung einer Aluminium-Oxydhaut und damit durch Verbesserung der Oberfläche zur Erhöhung des Korrosionswiderstandes der Legierung bei. Er ruft ferner eine Erhöhung der Festigkeit, der Streck-

grenze und der Härte hervor.

Blei spielt als Legierungszusatz in Mengenverhältnissen von 1 bis 3% in den Kupfer-Zink-Legierungen eine wichtige Rolle für die spangebende Formung. Bei höher legiertem Messing verbessert schon ein geringer Bleizusatz die Leichtflüssigkeit und spangebende Bearbeitbarkeit.

Zinn erhöht bis zu einer gewissen Menge die Zugfestigkeit des Messings, ohne die Dehnung wesentlich zu vermindern. Weiter erhöht es die Seewasserbeständigkeit. Der Zinnzusatz soll aber je nach Kupfergehalt 0,5 bis 2% nicht übersteigen, weil sonst die Dehnung wesentlich herabgesetzt wird.

Alle anderen vorerwähnten Zusätze rufen je nach verhältnismäßiger Menge verbessernde oder verschlechternde Wirkungen hervor¹).

b) Eigenschaften und Verarbeitung der Kupfer-Zink-Legierungen

Messing ist gut gießbar, läßt sich gut hämmern, walzen und ziehen. Der Zinkgehalt verbessert die Gießbarkeit des Kupfers, hat aber auch gewisse Nachteile, weil der Siedepunkt des Zinks (907°) niedriger liegt als der Schmelzpunkt des Kupfers

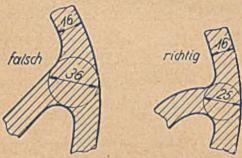


Abb. 4. Falsche und richtige Anordnung der Brücke eines großen Durchgangsventiles.

(1083°). Beim Schmelzen tritt stets ein gewisser Verlust (Ab-

brand) an Zink ein.

Beim Schmelzen ist darauf zu achten, daß die Schmelze nicht überhitzt wird, die richtige Temperatur kann man erkennen, wenn man beim Eintauchen einer Eisenstange in das Messingbad ein feines Brodeln und Vibrieren feststellt. Der Messingguß muß dann sofort vergossen werden. Messing soll stets unter einer Schutzdecke, am besten von Holzkohle, erschmolzen werden, dadurch wird der Zinkabbrand stark vermindert und die Oxydbildung verhindert. Alle Kupfer-Zink-Legierungen schwinden beim Erstarren verhältnismäßig stark. Das Schwindmaß beträgt beim gewöhnlichen Messing 1,5%, bei den Sondermessingen 1,8 bis 2%. Darauf ist bei der Gestaltung der Gußstücke Rücksicht zu nehmen. Die Quer-

¹⁾ Nähere Angaben enthält das in der Fußnote auf Seite 39 genannte Buch.

schnitte müssen überall möglichst gleichmaßige Wanddicke haben (Abb. 4), weil sonst Gußspannungen auftreten.

Man vergießt Messing in trockene oder nasse Formen oder

in Kokillen.

Sehr gute Erfahrungen sind bei Messing mit Preßguß gemacht worden. Dabei wird das flüssige Metall unter Anwendung hoher Drücke in eine Dauerform gepreßt. Als Preßguß sind die Legierungen Ms 58 und Ms 60 am besten geeignet. Tafel 2 enthält Angaben über die Festigkeitseigenschaften von Sandguß, Preßguß und Preßmessing. 1)

Tafel 2. Festigkeitseigenschaften von Sandguß, Preßguß und Preßmessing.

Verformungsart	Le- gierung	Zugfestigkeit σ _B in kg/mm²			
Description of	gierung	Niedrig	Mittel	Höchst	
Sandguß Preßmessing Preßguß Preßmessing Preßguß	Ms 58 Ms 58 Ms 58 Ms 60 Ms 60	12,4 43.5 30,6 — 34,2	17,7 45,4 34,6 36 36,6	22,7 46,5 86,1 — 38,2	

Verformungsart	Le-	Bruchdehnung δ In º/o			Brinellhärte 10/500/30		
	gierung			Höchst	Niedrlg	Mittel	Höchst
Sandguß Preßmessing Preßguß Preßmessing Preßguß	Ms58 Ms58 Ms58 Ms60 Ms60	24 1,8	4,7 27 3,7 30 8,7	4,8 30 6 — 10	80 86 72 75	74 87 90 75 89	90 94 83 91

DIN 1709, Blatt 2, gibt folgende Mindestwerte für Gußmessing an:

Kurzzeichen	Zugfestigkeit in kg/mm²	Dehnung in °/ ₀	Brinellhärte 10/500/30 in kg/mm²
GMs 63	15	7	45
GMs 67	18	20	40

¹⁾ Aus "Was muß der Ingenieur vom Messing wissen?"

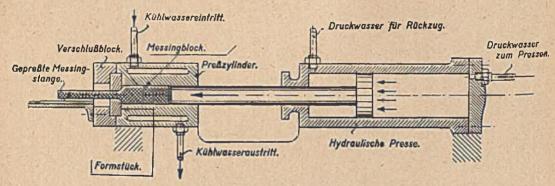


Abb. 5. Schema einer Strangpresse.

Zur Herstellung von Stangen und Rohren aus Messingblöcken benutzt man vielfach die Strangpresse (Abb. 5). Gegossene Barren von 50 bis 250 kg, die auf 750 bis 780° erwärmt sind, werden in den Preßzylinder geschoben. Ein hydraulisch betriebener Stempel treibt den Block durch eine entsprechend geformte Matrize. Mit Hilfe eines Dornes können auf diese Weise auch Rohre gepreßt werden. Zum Strangpressen eignen sich alle warm verformbaren Messingledierungen, besonders die genormten Sorten Ms 58, Ms 60. Ms 63 und Sondermessinge.

Aus Abschnitten von Rundstangen oder Vollprofilen werden Preßteile durch Schmieden im Gesenk von Hand oder maschinell hergestellt. Man verwendet für die Preßarbeiten Spindelpressen und für die Abgratung Exzenterpressen.

Auf diese Weise warmgepreßte Teile sind vorteilhafter als gegossene, da sie vollkommen dicht und frei von Lunkern sind, infolgedessen sind auch ihre Festigkeitseigenschaften besser.

Die Zugfestigkeit von Preßmessing beträgt bis 45 kg/mm², die Dehnung 20 bis 30 % und die Brinellhärte bis 100 kg/mm². Bei Sondermessingen liegen die Festigkeitswerte vielfach höher. Preßmessing ist gegen Dampf beständiger als Rotguß und eignet sich auch gut für Lagerschalen, da es die Wärme infolge seines dichten Gefüges schneller abführt als Rotguß.

Als Walz- und Schmiedemessing führt DIN 1709 mehrere Sorten an, doch wird das Ms 60 besonders als Schmiedemessing gekennzeichnet.

Das Hartmessing Ms 58 ist ebenfalls gut schmiedbar, es eignet sich besonders für Schrauben, Drehteile, Profile für Elektrotechnik, Instrumente, Warmpreßstücke für Armaturen, Beschläge, als Ersatz für Guß usw.

Messingbleche eignen sich hervorragend zum Verformen im kalten Zustande durch Ziehen und Drücken, vor allem zum Tiefziehen und Prägen. Hierfür ist das unter dem Kurzzeichen Ms 63 genormte Druckmessing besonders geeignet, aber auch die Tombaksorten Ms 67, Ms 72 bis Ms 90. Die letzteren werden vorwiegend für Sonderzwecke, besonders des Kunstgewerbes, verwendet.

Für Kondensatorrohre sind besondere Messingsorten nach DIN 1785 unter der Bezeichnung MsKF 36, MsKF 40 und Ms 63 F 36 angegeben. Die ersteren enthalten 70 bis 72% Kupfer, etwa 1% Zinn und als Rest Zink.

Da Messing durch das Kaltverformen hart wird, muß es während der Verformung mehrfach geglüht werden. Man kann es aber auch ohne Zwischenglühungen verformen, doch nur in mehreren aufeinander folgenden Stufen mit geringem Verformungsgrad.

Die Zerspanbarkeit des Messings ist äußerst günstig, besonders wenn es 1 bis 3% Blei enthält. Es wird mit hohen Schnittgeschwindigkeiten bearbeitet, deshalb empfiehlt sich die Verwendung von Werkzeugen mit hoher Standfestigkeit, also solche aus Schnellarbeitsstahl oder Hartmetall¹). Für die spangebende Formung wird meist die Legierung Ms 58 verwendet, die sich besonders zur Bearbeitung auf Automaten, also für die Massenfertigung eignet.

Löten kann man Messing gut durch Weich- und Hartlote. Die Hartlötung ist am besten, da die Hartlote, auch Schlaglote genannt, selbst Kupfer-Zink-Legierungen sind. Unter Ms 67 wird in DIN 1709 ein Messing aufgeführt, das als Lötmessing bezeichnet ist. Die eigentlichen Schlaglote sind unter DIN 1711 genannt. Bei der Auswahl eines Lotes ist stets darauf zu achten, daß sein Schmelzpunkt unter dem des zu lötenden Werkstoffes liegt.

Schweißen kann man Messing durch Gasschmelzschweißung mittels der Azetylen-Sauerstoff-Flamme und durch elektrische Widerstandsschweißung. Die Lichtbogenschweißung des Messings bereitet dahingegen Schwierigkeiten, doch ist die Arcatom-Schweißung anwendbar.

Messing kann in weitgehendem Maße durch galvanische Überzüge, Färben und Lackieren ein schöneres Aussehen erhalten, auch wird durch diese Maßnahmen die Oberfläche gegen Verwitterung geschützt. Auf galvanischen Wege wird Messing vernickelt, verchromt, versilbert, vergoldet und mit Platinniederschlägen versehen. Neuerdings wird dafür auch Rhodium und Palladium verwendet. So lassen sich Messinggegenstände durch Veredelung der Oberfläche zu wertvollen Stücken verarbeiten. Die chemische Färbung wird ebenfalls angewendet. Die Oberflächen werden in den verschiedensten Tönungen gefärbt²). Lackiert wird Messing meist mit farblosen Zaponen oder Lacken. Vorbedingung für alle diese Arbeiten ist eine metallisch reine Oberfläche.

Messingbleche lassen sich auch auf Stahl plattieren. Messingplattierte Stahlbleche kommen als Austauschstoffe für Vollmessing zur Verwendung.

1) Vergl. Band "Schneidwerkzeuge" des D. W. B.

²) Näheres siehe "Chemische Färbungen von Kupfer und Kupferlegierungen", herausgegeben vom "Deutschen Kupfer-Institut" Berlin.

c) Sondermessinge und Normung.

DIN 1709 nennt 4 Sorten Gußmessing, nämlich GMs 63, GMs 67 und die als Sondermessing bezeichneten Sorten So-GMsA (Sondermessing A) und So-GMs B (Sondermessing B). Bei den Kurzzeichen geben die Ziffern den Gehalt an Kupfer in % an.

Walz- und Schmiedemessing ist in 9 Sorten genormt und zwar: Hartmessing (Schraubenmessing) Ms 58, Schmiedemessing (Muntz-Metall) Ms 60, Druckmessing Ms 63, Halbtombak (Lötmessing) Ms 67, Gelbtombak Ms 62, Hellrottombak Ms 80, Mittelrottombak Ms 85, Rottombak Ms 90 und Sondermessing So Ms.

Die Sondermessinge weichen in ihren Zusammensetzungen sehr voneinander ab, genormt sind sie mit einem Cu-Gehalt von 54 bis 62%. Außerdem enthalten sie aber noch 0,5 bis 2% Blei, 0,5 bis 2% Mangan, 1 bis 2% Eisen, 0,1 bis 1,5% Aluminium, 0 bis 0,8% Nickel, 0 bis 4% Silizium, 0 bis 0,8% Zinn, der Rest ist Zink.

Im Handel erscheinen diese Legierungen vielfach unter dem Namen "Bronze". Diese Bezeichnung ist, wie bereits gesagt, nicht richtig, weil man unter Bronzen Kupfer-Zinn-Legierungen versteht. Die Handelsbezeichnungen dieser Sondermessinge sind sehr verschieden, als Beispiele seien nur einige genannt: Admosmetall, Aeterna, Deltametall, Duranametall, Rübelbronze. Die Eigenschaften der Sondermessinge sind je nach Zusammensetzung verschieden. Tafel 3 enthält einige Angaben der Erzeugerfirmen.

In DIN 1709, Blatt 2 sind Angaben über Güte und Leistung der 4 unter Gußmessing genormten Sorten enthalten, z.B. über Mindestsätze an Kupfer und Zink und zulässige Höchstsätze an Mangan, Aluminium, Eisen, Zinn, Antimon, Arsen, Phosphor und Blei. So soll GMs 63 mindestens 97,0 % Cu und Zn enthalten, zulässige Höchstmengen anderer Bestandteile sind: Mn 0,20 %, Al 0,05 %, Fe 0,50 %, Sn 1,00 %, Sb und As zusammen 0,10 %, P 0,05 %, Pb 3,0 %. Die Mindestzugfestigkeit soll 15 kg/mm², Dehnung 7 % und Brinellhärte (10/500/30) 45 kg/mm² betragen¹).

In DIN 1750, Blatt 1, sind zur Kennzeichnung von Härtezustand und Oberflächenbeschaffenheit folgende Begriffe festgelegt:

i) Über Bedeutung der chemischen Zeichen, Angaben über Dehnung, Härte usw. siehe "Werkstoffe" Teil I.

Tafel 3: Eigenschaften einiger Sondermessinge.

Bezeichnung	Zugfestigke in kg/mm		Brinellhärte 1000/10/30		Wichte kg/dcm³	Einige Anwendungs- gebiete	
the sale of the	gegossen gepre	ßt gegossen gepreßt	gegossen	gepreßt	14 50		
Admosmetall 1 .	4050 50	60 35—20 35—20	90—110	110—130	8,3	Warmpreßteile aller Art im Apparate, Maschinen- und Fahrzeugbau	
Admosmetall 2	38—15 40—	58 35—20 30—18	90—110	110—130	8,3	Nach Vorschriften der Reichsmarine für Teile, d. m. Seewasser in Berührung kommen	
Aeterna Mn M .	- 45-	70 — 15—35	_	110—170	8,3	Seewasserbest. wie vor. Lagermetall (Manganhaltig)	
Rübelbronze W 1	45—55 50—	60 35—20 35—25	100—120	110—140	8,3	Korrosionsbest., Seewasser- best.Für Propeller, Pumpen, Armaturen, Apparate	
Rübelbronze H 2	55—65 60—	75 18—8 25—15	140150	150—170	8,1	Bestes Konstruktionsmate- rial für den gesamten Ma- schinenbau	

gepreßt, d. h. der Werkstoff ist warm in Strangform auf der Strangpresse gepreßt ohne weitere Warmbehandlung oder Kaltverformung. Die technologischen Werte liegen je nach Abkühlungsgeschwindigkeit meistens in den Grenzen der Werte für die Härtezustände weich und halbhart.

weich, d.h. der Werkstoff ist nach etwaiger Kaltbearbeitung gut geglüht oder ausschließlich in solcher Weise warm bearbeitet, daß seine technologischen Werte mit denen

eines ausgeglühten Werkstoffes übereinstimmen.

halbhart, d. h. der Werkstoff ist durch Kaltverformung (Kaltwalzen, Kaltziehen usw.) auf die etwa 1,2 fache Zugfestigkeit des weichen Zustandes gebracht worden.

hart, d. h. der Werkstoff ist durch Kaltverformung auf die etwa 1,4 fache Zugfestigkeit des weichen Zustandes gebracht worden. (Bei Messingrohren gleich "hart gezogen".)

federhart, d.h. der Werkstoff ist durch Kaltverformung auf die etwa 1,8 fache Zugfestigkeit des weichen Zustandes

gebracht worden.

angelassen (nur bei Rohren für Wärmeaustauschapparate), d. h. die Rohre sind durch Erwärmen spannungsfrei gemacht worden.

Der Härtezustand ist durch Anhängen der Zahl der Mindestfestigkeit (in kg/mm²) an die Markenbezeichnung unter Zwischenfügung des Buchstaben F zu kennzeichnen. Es bedeutet also Ms 63 F 52: Messing mit einem Kupfergehalt von 63 % und einer Mindestzugfestigkeit von 52 kg/mm². Bei Kondensatorrohren wird noch ein K zwischengefügt, denmach gilt die Markenbezeichnung Ms K F 36 für Kondensatorrohre aus Messing mit einer Mindestzugfestigkeit von 36 kg/mm². Werden für Handelsgüten keine bestimmten Festigkeitswerte gewährleistet, so tritt an die Stelle der Zahl der Mindestzugfestigkeit ein Buchstabe, wobei bedeutet:

p = gepreßt; w = weich; h = hart.

Die Oberflächenbeschaffenheit wird durch Anhängen eines Kurzzeichens an die Bezeichnung des Halbzeugs gekennzeichnet.

Folgende Möglichkeiten der Bezeichnung sind genormt:1)

Oberflächen- beschaffenheit	schwarz	ge- beizt	blank	hochglanz- polierfähig	ätz- fähig
Kurzzeichen	schw	geb	bk	hopolf	ätz

¹⁾ Maßgebend ist stets die neueste Ausgabe eines DIN-Blattes. Zu beziehen beim Beuth-Vertrieb Berlin SW 68.

Oberflächen- beschaffenheit	eins. poliert	doppel- seitig poliert	ge- schliffen	ge- scheuert
Kurzzeichen	pol	dopol	schliff	scheu

, Weitere Normen:

DIN 1751 Messingblech, kalt gewalzt,

DIN 1755 Messingrohr, nahtlos,

DIN 1756 Rundmessing, genau gezogen, in Stangen von 1 bis 56 mm Durchmesser,

DIN 1757 Messingdraht rund gezogen, geglüht oder hart in

Ringen,

DIN 1758 Rundmessing, gezogen in Stangen von 2 bis 56 mm Durchmesser,

DIN 1759 Flachmessing, gezogen mit scharfen Kanten, DIN 1760 Flachmessing, gepreßt mit runden Kanten,

DIN 1761 Vierkantmessing, gezogen mit scharfen Kanten für Schrauben,

DIN 1762 Vierkantmessing, gepreßt mit gerundeten Kanten,

DIN 1768 Sechskantmessing, gezogen mit scharfen Kanten für Schrauben,

DIN 1764 Sechskantmessing, gepreßt mit gerundeten Kanten, DIN 1765 Winkelmessing, gepreßt mit gerundeten Kanten,

DIN 1772 Messingrohr für Stopfbuchsen, nahtlos gezogen, DIN 1774 Messingblech, Messingband, Messingstreifen, kalt ge-

walzt, technische Lieferbedingungen, DIN 1775 Messingrohr, nahtlos gezogen, technische Liefer-

bedingungen,

DIN 1776 Messing-Vollprofile, Rund-, Flach-, Vierkant-, Sechskant- und Winkelmessing gezogen und gepreßt, technische Lieferbedingungen,

DIN 1777 Blech und Band für Federn aus Kupferlegierungen

allgemein,

DIN 1778 Blech und Band für Federn aus Messing, technische Lieferbedingungen,

DIN 1781 Federbleche, Federbänder aus Nichteisenmetallen, Prüfverfahren,

DIN 1782 Rundmessing, gepreßt in Stangen von 10 bis 80 mm Durchmesser,

DIN 1785 Kondensatorrohre, Abmessungen und technische Lieferungsbedingungen.

DIN 1791 Messingband, Messingstreifen, kalt gewalzt, beschnitten zum Stanzen und Ziehen.

DIN KrG 730 Messingbänder für Kühler (Kraftfahrzeuge).

Tafel 4.

	Benennung	Kurz- zeichen	Zug- festigkeit kg/mm²	Bruch- dehnung in %	Brinell- härte kg/mm²	Verwendung
50	Gußmessing 63	GMs 63	15	. 7	45	Armaturen und ähnl.
Gußmessing	Gußmessing 67	GMs 67	18	20	40	Armaturen und ähnl.
ıßm	Sonder-Gußmessing A	So-GMsA	30	10	_	Hochbeanspruchte Teile im
ਲ	Sonder-Gußmessing B	So-GMsB	3560	45—15	90150	Maschinen- und Schiffbau
	Hartmessing	Ms 58	38—48	22	95—115	Warmpreßteile, Schrauben
7g	Schmiedemessing	Ms 60	35	25	75	Stangen, Rohre, Bleche
essi	Druckmessing	Ms 63	25	30	60	Kalt drücken, ziehen
dem	Halbtombak	Ms 67	30	30	-	Kalt drücken, Metallwaren
Schmiedemessing	Gelbtombak	Ms 72	25	35	<u>-</u>	Kalt drücken, Metallwaren Federn
Ω	Sonder-Walzmessing .	So-Ms	40—65	25—15	bis 200	Kolbenstangen, Turbinen- schaufeln (Warm- verarbeitung)

In Tafel 4 sind für Guß- und Walzmessing Kurzzeichen, Zugfestigkeit, Dehnung, Brinellhärte und Verwendung zusammengefaßt. Zu beachten ist dabei, daß man die Druckfestigkeit gleich der Zugfestigkeit und die Schubfestigkeit etwa gleich */3 der Zugfestigkeit ansetzen kann.

Zu den Kupfer-Zink-Legierungen gehören auch die Lötmetalle, die mit den Namen Schlaglot und Silberlot be-

zeichnet werden.

In DIN 1711 sind 4 Sorten Schlaglot genormt und zwar Schlaglot 42, 45, 51 und 54 mit den Kurzzeichen Ms L 42, Ms L 45, Ms L 51 und Ms L 54. Die Ziffer gibt den Kupfergehalt an, der Rest ist Zink. Schlaglote werden in Körnern geliefert.

DIN 1710 enthalt Angaben über 6 Sorten Silberlot mit den Kurzzeichen Ag L 4, Ag L 8, Ag L 9, Ag L 12, Ag L 25 und Ag L 45. Die Ziffer bedeutet hier den Silbergehalt, der Rest ist Kupfer und Zink. Die ersten drei Sorten werden in Körnern,

die letzten drei in Streifen geliefert.

Schlaglote und Silberlote dienen zur Lötung von Messing und anderen Kupferlegierungen, Ms L 54 auch noch für Eisen, z.B. Bandsägen. Silberlot verwendet man zur Lötung von Messing mit 58% und mehr Cu; für feinere Arbeiten, wenn eine saubere Lötstelle ohne viel Nacharbeit erreicht werden soll und zur Lötung von Kupfer- und Bronzestücken.

2. Kupfer-Zinn-Legierungen.

Die Kupfer-Zinn-Legierungen sind die Bronzen, die ebenso wie Messing in 'verschiedenen Mischungsverhältnissen hergestellt werden. Bronze war schon im Altertum bekannt, es wurden daraus Waffen und Schmuckstücke angefertigt.

Man unterscheidet Guß- und Walzbronzen. DIN 1705 führt drei Sorten Gußbronze und eine Sorte Walzbronze an:

Gußbronze 20, Kurzzeichen G Bz 20 mit 80% Kupfer und 20% Zinn.

Gußbronze 14, Kurzzeichen G Bz 14 mit 86% Kupfer und

14% Zinn.

Gußbronze 10, Kurzzeichen G Bz 10 mit 90% Kupfer und 10% Zinn,

Walzbronze 6, Kurzzeichen W Bz 6 mit 94% Kupfer und

6% Zinn.

Bronzen haben je nach Art der Verformung hohe Festigkeit und Härte bei hoher Verschleißfestigkeit. Sie sind gegen Witterungseinflüsse und Atmosphärilien sehr korrosionsfest. Mit höherem Zinngehalt sinken Festigkeit und Delnung, Bronzen mit mehr als 30% Zinn sind so spröde, daß sie keinerlei praktische Bedeutung haben.

51

Gußbronze ist immer etwas porös, und zwar nimmt die Porosität nach der Mitte des Gußstückes hin zu. Bronze läßt sich am besten in trockenen, aber auch in nassen Sandformen und in Kokillen gießen, doch ist beim Gießen größte Sorgfalt erforderlich. Wenn auch der Schmelzpunkt des Zinns mit 232° weit unter dem des Kupfers mit 1083° liegt, so besteht doch beim Bronzeguß nicht wie beim Messing die Gefahr des Verdampfens, weil der Siedepunkt des Zinns mit 2260° sehr viel höher liegt als der des Zinks (907°). Die Gießtemperatur liegt je nach Art der Legierung bei 1000 bis 1225°.

In der Bronze sind meist geringe Mengen an Blei, Eisen, Nickel und Mangan enthalten, die den Guß ungünstig beeinflussen. Dagegen verbessern sehr kleine Mengen von Zink die Gießbarkeit. Der Gehalt an Blei soll nicht über 1 % hinausgehen, weil sich bei höheren Anteilen die Festigkeitseigenschaften versehlechtern.

Sauerstoff muß von der Schmelze unter allen Umständen fern gehalten werden, man verwendet deshalb Desoxydationsmittel. Ein brauchbares Mittel dieser Art ist Phosphor. Dieser wird meist in Form einer Phosphor-Kupfer-Legierung mit 10 oder 15% Phosphorgehalt angewendet. Die dabei gewonnene sogenannte Phosphorbronze hat allerdings nur einen Phosphorgehalt von 0,1 bis höchstens 0,8%. Als Vorbeugungsmittel gegen die Oxydation des Schmelzbades dient das Schmelzen unter einer Holzkohlendecke. Der an der Oberfläche des Bades vorhandene Sauerstoff wird durch die Verbrennung der Holzkohle verbraucht, außerdem erzeugt das sich bildende Kohlenoxyd eine reduzierende Hülle über dem Schmelzbad. Wenn eine Kohlenstoffaufnahme durch die Schmelze zu befürchten ist, werden Salzdecken oder Glaspulver verwendet.

Über die Festigkeitseigenschaften der Gußbronze bestimmt DIN 1705 folgendes:

Benennung	Zugfestigkeit in kg/mm²	Dehnung in % (l = 5 d)
GBz 20	15	market Transfer
GBz 14	20	3
GBz 10	20	15

Günstigere Festigkeitswerte lassen sich durch Schleuderguß erzielen, sie liegen fast um die Hälfte höher bei fast gleicher Dehnung.

Die Bronzen werden je nach ihrer Zusammensetzung für Glocken (mit 25 % Sn), Lager, Armaturen, Ventilkegel, hydraulische Apparate, im Schiffbau für spewasserbeständige Teile usw. verwendet.

Kupfer-Zinnbronzen haben rotgelbe Farbe, sie sind hart und gut polierfähig; die Walzbronzen sind schmiedbar. Mit spanabhebenden Werkzeugen lassen sich diese Legierungen leicht und gut bearbeiten. Besonders die Phosphorbronze ist auf Automaten, Drehbänken und Stanzen gut verarbeitbar. Kleinste Bohrungen lassen sich leicht ausführen. Die Abnutzung ist bei aus Phosphorbronze hergestellten Teilen sehr gering. Walzbronzen werden in Sandformen oder Kokillenformen zu rechteckigen Platten für Bleche und Bänder, oder zu ovalen und runden Platten für schmale Bänder, oder zu Knüppeln für Stangen und Drähte vergossen. Bronzen werden nur kalt verarbeitet. Zum Kaltwalzen dienen Kaliber-, Blech- und Bandwalzen. Bronze läßt sich selbst im federharten Zustande in der Walzrichtung noch falzen. Sie läßt sich löten und elektrisch schweißen. Kalt verformbar sind jedoch nur Bronzen mit weniger als 10% Zinn.

Die Walzbronze W Bz 6 läßt sich gut tiefziehen, sie ähnelt in ihrer Verarbeitung dem Messing Ms 63. Man teilt die Walzbronze nach ihrer Härte ein in weich, ½ hart, ¼ hart, ½ hart, ¼ hart, federhart und doppel-federhart. Die Zugfestigkeit steigt mit der Härte von 36 auf 75 kg/mm², während die Dehnung abnimmt von 70% auf 1%. Ebenso nimmt auch die Tiefziehfähigkeit ab. Die Härte steigt von 75 auf 205 kg/mm².

Durch Glühen kann harte Bronze weich gemacht werden. Man erhitzt sie auf 550 bis 600° und kühlt sie möglichst schnell an der Luft ab.

Sonderbronzen gibt es unter den verschiedensten Namen. Genannt seien hier die Caro-Volvit- und Nida-Bronze, die eine ganze Reihe vorzüglicher Eigenschaften haben. Es sind Phosphorbronzen, die neben Kupfer 8 bis 9% Zinn, geringe Mengen Zink und etwa 0,3% Phosphor enthalten. Wegen ihrer guten Gleiteigenschaften und hohen Verschleißfestigkeit finden sie in erster Linie Anwendung bei gleitender, reibender und verschleißender Beanspruchung, z. B. für Gleitlager. Sie werden in Form von nahtlos gezogenen Rohren und gezogenen Stangen hergestellt. Tafel 5 enthält einige Angaben über Festigkeit, Dehnung, Härte und Verwendung derartiger Sonderbronzen

Physikalische und chemische Eigenschaften: Wichte = 8,75 bis 8,8 g/cm³, Schmelzpunkt 1000 bis 1030°,

	Festig- kelt kg/mm²	Deh- nung º/o	Härte nach Brinell	Verwendungsart
hart	4080	15—5	150—200	Schwinglager, hohe
sehr hart	75—85	10-3	200-240	Drücke, starke Stöße
½hart und entspannt	40—60	30—15	110—150	geringes Lagerspiel, große Umdrehungs- zahlen, hohe Drücke
thermisch	5			
entspannt	40-47	45-35	95—140	sehr geringes Lagerspiel
weich	35—40	75—50	80—90	bei normalem Wellen- stahl anwendbar

Wärmeleitfähigkeit: $0.142 \frac{\text{cal}}{\text{cm} \times \text{sek} \times {}^{\text{o}}\text{C}}$. Elastizitätszahl 11 300

kg/mm².

Die Sonderbronzen dieser Art sind beständig gegenüber Seewasser, wässerigen Alkalien und Salzen sowie gewissen Agenzien der chemischen Industrie. Ferner sind sie verhältnismäßig beständig gegenüber Essig- und Schwefelsäure, Laugen der Zellstoffabrikation usw. Im übrigen gleichen sie in korrosivem und chemischem Verhalten etwa chemisch reinem Kupfer. Die Bronze ist jedoch sauerstoffrei, weshalb sie von gewissen chemischen Einflüssen, sowie von heißen, reduzierenden Gasen nicht so leicht wie handelsübliches Kupfer zerstört wird.

Verwendet werden die Sonderbronzen für alle höchstbeanspruchten Lagerbuchsen in der Automobil-, Flugmotorenund Motorenindustrie, besonders im Getriebe, für Kolbenbolzen (Pleuel)-buchsen, Ventil-Führungen, Achsschenkelbuchsen, Federbolzenbuchsen, Rollenlagerkörbe und dergl., ferner in Werkzeugmaschinen, an Elektromotoren und im allgemeinen Maschinen- und Apparatebau. Kleine Schnecken- und Zahnräder, die eine hohe Verschleißfestigkeit haben müssen, werden aus gezogenen Stangen und Rohren hergestellt.

Die Bronzen finden weiter Verwendung für erschütterungsund schwingungsfeste Brennstoffleitungen. Auf Grund ihrer chemischen Eigensehaften eignen sie sich auch gut für säurefeste Rohrleitungen in der Papier-, Zellstoff- und chemischen Industrie.

¹⁾ Nach Angaben der Hersteller.

Als Bronzen bezeichnet man vielfach auch Kupferlegierungen, die an Stelle von Zinn andere Nichteisenmetalle enthalten, z. B. Aluminium-, Blei-, Mangan-, Nickel-, Silizium- und Beryllium-Bronzen. Sie werden an anderen Stellen dieses

Buches besprochen.

Leitungsbronzen. Da jeder metallische Zusatz die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers verringert, andererseits aber die Zugfestigkeit meistens vergrößert und da für elektrische Freileitungen beide Eigenschaften erwünscht sind, fertigt man besondere Leitungswerkstoffe an mit nicht mehr als 3% Zusätzen und mindestens 97% Kupfer. Als Zusätze werden verwendet Zinn, Magnesium, Kadmium, Zink, Silizium, Phosphor und zwar einzelne oder mehrere dieser Zusätze

3. Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen.

Um das teure und devisenfressende Zinn, wenigstens zum Teil durch das erheblich billigere und in Deutschland gefundene Zink zu ersetzen, legiert man den Zinn-Bronzen oft etwas Zink zu. Gießbare Zinnbronzen mit einem Zinkgehalt bis zu 10% bezeichnet man als Rotguß. Oft werden auch noch einige Prozent Blei zulegiert. Die Gießbarkeit von Rotguß ist nicht schlechter als die der Zinnbronzen. Dabei ist vor allem der Sauerstoff zu beseitigen, wofür vielfach Phosphor verwendet wird. Die Gießtemperatur liegt bei 1150°.

DIN 1705 führt 5 Rotgußsorten an (vergl. Tafel 6)1).

Tafel 6: Rotgußsorten nach DIN 1705.

Benennung		Gehalt	Zug- festigkeit	Dehnung			
三十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二	zeichen	Cu	Sn	Zn	Pb	kg/mm²	$^{\circ}/_{\circ} \ (l = 5 d)$
Rotguß 8 Rotguß 5	Rg 10 Rg 9 Rg 8 Rg 5 Rg 4	86 85 82 85 93	10 9 8 5 4	4 6 7 7 2	_ 3 3 1	20 30 15 15 20	26 12 6 10 20

Rg 10 wird auch als "Maschinenbronze", Rg 4 als Flanschenbronze bezeichnet.

Rotguß hat eine geringe Warmfestigkeit; die Zugfestigkeit ist schon bei einer Temperatur von 350° auf etwa die Hälfte herunter gegangen. Gute Zugfestigkeit erreicht man durch Schleuderguß.

¹⁾ Maßgebend ist jeweils die neueste Ausgabe des DIN-Blattes. Zu beziehen beim Beuth-Vertrieb, Berlin SW 19.

4. Kupfer-Aluminium-Legierungen.

Kupfer-Aluminium-Legierungen sind Metalle, bei denen das Kupfer mengenmäßig erheblich überwiegt, während das Aluminium nur in geringen Prozentsätzen darin enthalten ist. Man bezeichnet sie als Aluminiumbronzen.

Diese Legierungen besitzen hohe Festigkeit und Dehnung, sind zähe und verschleißfest, aber schwer gießbar. Aluminiumbronze mit 4 bis 10 % Al ist beständig gegen Witterungseinflüsse und Seewasser. Bei wesentlich höherem Al-Gehalt wird die Legierung spröde. Der Oxydationswiderstand der Aluminiumbronze ist recht hoch, weswegen sie auch zur Herstellung von oxydationsgefährdeten Gegenständen verwendet wird. Neben den nur aus Kupfer und Aluminium hergestellten Zweistofflegierungen gibt es auch Mehrstofflegierungen, deren Zusammensetzung gewöhnlich Geheimnis der Hersteller ist. Sie kommen unter verschiedenen Namen in den Handel, wie Zollernbronze, Corrixmetall u. a. Als Legierungsbestandteile kommen noch vor Eisen, Nickel, Mangan und Silizium.

Aluminiumbronzen werden als Guß- und als Knetlegierungen hergestellt. Ihre Wichte nimmt ab mit dem Gehalt an Aluminium, sie beträgt bei 5% Al-Gehalt 8,18, bei 10% Al-Gehalt 7,56. Genormt ist die Aluminiumbronze in DIN 1714 mit den Kurzzeichen Al-Bz 4; Al-Bz 5; Al-Bz 9 und Al-M-Bz. Dabei gibt die Ziffer den Al-Gehalt an, während der Buchstabe M = Mehrstoff bedeutet. Die Gußbronzen haben die Kurzzeichen G Al-Bz 9 und die Aluminium - Mehrstoff - Gußbronzen G Al-M-Bz A und G Al-M-Bz B.

Die Zugfestigkeit der Gußbronze mit 9% Al beträgt im Mittel 35 kg/mm² bei einer Dehnung von 12%, dagegen haben die Mehrstoff-Gußbronzen Zugfestigkeiten von 40 bzw. 45 kg/mm² und eine Dehnung von 20 bzw. 8%.

Die Knetlegierungen haben im weichen Zustande eine Zugfestigkeit je nach Al-Gehalt von 30—38, 35—45 und 40—50 kg/mm². Die Festigkeit steigt im harten Zustande bei Al-Bz 9 bis auf 70 kg/mm².

Die Härte der Aluminiumbronzen steigt von 70 kg/mm² im weichen auf 140 und 160 kg/mm² im federharten Zustande. Einige Aluminiumbronzen, besonders nickelhaltige Mehrstoffbronzen, sind aushärtbar und können auf eine Zugfestigkeit von 100 kg/mm² und eine Brinellhärte von 200 kg/mm² gebracht werden.

Aluminiumbronzen lassen sich walzen, schmieden und pressen, sie werden für viele hochwertige Werkstücke verwendet.

5. Andere Kupferlegierungen.

Zu den Kupfer-Legierungen gehören noch eine ganze Reihe von Metallgemischen, in denen das Kupfer zwar mengenmäßig am meisten enthalten ist, die jedoch wegen der Verschiedenartigkeit ihrer Zusammensetzung sehr unterschiedliche Eigenschaften haben.

Hierbei handelt es sich um Austauschwerkstoffe, die erst in den letzten Jahren entwickelt wurden, um einerseits das teure und stark devisenbelastete Zinn weitgehend durch andere Stoffe zu ersetzen, gleichzeitig aber auch den Gehalt an Kupfer herabzusetzen. Als Austauschmetalle für Kupfer und Zinn werden dabei u. a. benutzt: Aluminium, Antimon, Beryllium, Blei, Eisen, Magnesium, Mangan, Nickel, Silizium und Zink. Vereinzelt kommen auch noch andere Metalle zur Verwendung wie Kalzium, Lithium, Natrium u. a.

Diese als Bronzen bezeichneten Metalle haben günstige Festigkeitseigenschaften und zeichnen sich durch gute Bearbeitbarkeit aus. Einige seien nachstehend besprochen:

a) Kupfer-Silizium-Legierungen.

Sie verbinden gute Festigkeit mit hoher Korrosionsbestündigkeit und ergeben, weil mit erheblich dünneren Wandstärken auszukommen ist, als reines Kupfer oder devisenbelastete Kupferlegierungen verlangen, oft eine bedeutende Ersparnis an Werkstoff.

Unter dem Namen Sicudur wird eine Legierung erzeugt, die etwa 2,2% Silizium und 0,8% Mangan enthält. Eine ähnliche Legierung trägt den Namen Sicufal. Kuprodur ist eine Kupfer-Siliziumbronze, die neben etwa 1% Silizium noch rund 2% Nickel enthält. Kuprodur läßt sich durch Aushärtung vergüten. Dabei wird das Werkstück zunächst bei 750 bis 800° geglüht und dann in Wasser abgeschreckt. Dadurch wird die Legierung fast so weich wie Kupfer und läßt sich leicht kalt bearbeiten. Das eigentliche Aushärten besteht in einem Anlassen unmittelbar nach dem Abschrecken oder nach dem Verformen auf 400 bis 470°.

Zu diesen Legierungen, die ihrer guten Festigkeitseigenschaften wegenals "hochfest" bezeichnet werden, gehört ferner die aushürtbare Legierung "Mandura". Hochfeste Legierungen sind in Blechen, Bändern, Rohren, Formstangen und Drähten lieferbar. Sie lassen sich gut autogen schweißen und werden für chemische Geräte, Warmwasserbereiter, Dampfleitungen, Kühler, Kondensatoren, Kolbenbolzenbuchsen, Ventilführungen usw. verwendet.

Tafel 7. Hochfeste Kupferlegierungen.

1000111	see trapier	.06101	ange		
Benemung	weich	ausgehi	ärtet	ausgehärtet u. verfestigt	
Mandura 105					
Streckgrenze kg/mm²	15—20 32—38	20— 38—		25—55 50—60	
Zugfestigkeit kg/mm² Bruchdehnung %	40-35	25-		10—5	
Brinellhärte kg/mm²	75—85	90—	105	130—160	
Mandura D			THEF		
Streckgrenze kg/mm ²	10—15	18—		25-30	
Zugfestigkeit kg/mm² Bruchdehnung %	25—30 45—38	30— 25—		40—50 12—5	
Brinellhärte kg/mm²	60—70			100—130	
Kuprodur			13.3		
Streckgrenze kg/mm ²	7—15	35-	45	55—70	
Zugfestigkeit kg/mm ²	3035	50-		60—80	
Bruchdehnung %	38-30	25-		15-8	
Brinellhärte kg/mm²	60—70	140—	-100	160-210	
Sicudur	weich	1/4 h	art	hart	
Streckgrenze kg/mm ²	mind. 18	etwa		etwa 48	
Zugfestigkeit kg/mm² Bruchdehnung %	36	,,	40 25	,, 55 . ,, 8	
Brinellhärte kg/mm²	,, 80		120	,, 150	
Sicufal	Sicufal	T	0	icufal II	
Streckgrenze kg/nim²	20.0	1	5	11,5	
Zugfestigkeit kg/mm ²	47,5	05 15		37,8	
Bruchdehnung %	48,0	THE BY		55,0	
Brinellhärte kg/mm²	95,0	5 64		72,0	

b) Kupfer-Beryllium-Legierungen.

Kupfer-Beryllium-Legierungen zeichnen sich durch hohe Vergütbarkeit aus, ihre Festigkeitseißenschaften lassen sich durch geeignete Warmbehandlung erheblich verbessern. Durch Abschreckung von 750 bis 800° in Wasser oder Luft mit nachfolgendem Anlassen bei 250 bis 400° steigt die Härte ganz außerordentlich (bis auf 370 Brinellgrade). Durch Kaltverformung lassen sich die erreichten Härtegrade noch weiter erhöhen.

Die Legierungen mit einem Gehalt von 2,5 % Be sind vollkommen rostsicher, seewasserbeständig und zeichnen sich je nach ihrer sonstigen Zusammensetzung auch durch hohe elektrische Leitfähigkeit aus. Man verwendet sie zur Herstellung funkenfreier Werkzeuge, hochwertiger Federn u.a.m.

6. Nickel-Legierungen.

Nickel dient in vielen Fällen als wichtiger Legierungsbestandteil. Über die Bedeutung des Nickels im Eisen wurde bereits im ersten Teil dieses Buches berichtet, wir beschränken uns hier deshalb auf die eisenfreien oder eisenarmen Nickel-Kupfer-, Nickel-Kupfer-Zink- und Nickel-Chrom-Legierungen.

Wenn auch viele dieser Legierungen weniger als 50% Ni enthalten, so rechnet man sie dennoch zu den Nickel-Legierungen, da das Nickel ihre Eigenschaften entscheidend beeinflußt.

Gemeinsam ist allen Nickel-Legierungen hohe Festigkeit, hohe Korrosions- und Hitzebeständigkeit.

a) Nickel-Kupfer-Legierungen.

Das auffälligste Kennzeichen der Nickel-Kupfer-Legierungen ist die silberweiße Färbung, die schon bei 15 % Nickelgehalt vorhanden ist. Bei 40 bis 50 % Nickel ist die Legierung in der Farbe kaum vom Silber zu unterscheiden.

Die Festigkeit und die Kerbzähigkeit des Kupfers wird schon durch wenige Anteile Nickel erhöht. Mit der Erhöhung des Ni-Gehalts nimmt die Korrosionsbeständigkeit zu, so daß schon Legierungen mit 20 bis 30% Ni als korrosionsfeste Baustoffe z. B. beim Bau chemischer Apparate verwendet werden. Mit dem Nickelzusatz wird die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers so stark vermindert, daß Nickel-Kupfer-Legierungen als Widerstandsdrähte verwendet werden. So ist z. B. das in der Elektrotechnik als Widerstandsmetall verwendete Konstantan eine Nickel-Kupfer-Legierung mit 40 bis 50% Kupfer. Ebenso wird das sogenannte Nickelin, eine Legierung mit etwa 30 bis 33% Ni für elektrische Widerstände benutzt.

Legierungen mit 40 % Ni und 60 % Cu haben eine Zugfestigkeit im gegossenen Zustande von 26 kg/mm², kalt gewalzt 60 kg/mm² und nach einstündigem Glühen bei 750° eine Festigkeit von 40 kg/mm² bei einer Dehnung von 38 %.

Unter dem Namen Monel-Metall ist eine Legierung mit

67% Ni, 28% Cu und 5% Fe bekannt, die aus in Amerika vorkommenden Kupfer-Niekel-Erzen unmittelbar gewonnen wird. Man nennt sie daher eine Naturlegierung. Sie zeichnet sich durch hohe Zugfestigkeit (bis 80 kg/mm² im kaltgezogenen Zustand), hohe Korrosionsbeständigkeit gegen viele Chemikalien und erhöhte Warmfestigkeit aus.

Über 65% Ni sind die Kupfer-Nickel-Legierungen magne-

tisch, meist allerdings nur unter Zimmertemperatur.

b) Nickel-Kupfer-Zink-Legierungen.

Sie ähneln dem Silber im Aussehen noch mehr als reine Nickel-Kupfer-Legierungen und werden deshalb als Neusilber (auch Argentan, Alpakka, Alfenide, Chinasilber usw.) bezeichnet. Am deutlichsten tritt das silberartige Aussehen bei einem Gehalt von 20 bis 30% Nickel, 45 bis 60% Kupfer und 20 bis 35% Zink hervor. Neusilber kann je nach dem Vorwiegen des einen oder des anderen Legierungsbestandteils verschieden gefärbt sein: bläulich, grünlich oder gelblich.

c) Nickel-Chrom-Legierungen und andere.

Chrom und Nickel werden selten als einzige Bestandteile dieser Legierungen verwendet. Fast immer ist Mangan darin, häufig auch Eisen. Nimmt der Anteil an Eisen zu, so gehen die Legierungen in den Zustand der Chrom-Nickelstähle über, deren Bedeutung und Eigenschaften im ersten Teil dieses Buches eingehend behandelt wurden.

Nickel-Chrom-Legierungen sind korrosions- und hoch hitze-

beständig.

Von besonderer Bedeutung ist eine Nickel-Eisen-Legierung, die unter dem Namen Invar bekannt ist. Sie wird bei richtiger Behandlung kaum durch Temperaturveränderung beeinflußt und eignet sich daher sehr gut für Meßgeräte.

Nickel-Eisen-Legierungen lassen sich auch als unmagnetische Legierungen herstellen, die für manche Bauteile elektrischer

Maschinen erforderlich sind.

7. Blei-Zinn-Zink-Legierungen.

Man unterscheidet Blei-Legierungen, Zinn-Legierungen und Zink-Legierungen, je nachdem, welches der drei Metalle vorherrscht. Diese Legierungen können in vier Hauptgruppen eingeteilt werden: Buchdruckmetalle, Lagermetalle, Weichlote und Spritzgußlegierungen. Da die Lagermetalle in einem besonderen Abschnitt behandelt werden, sei hier nur ein kurzer Hinweis gegeben.

a) Blei-Legierungen.

Die Blei-Antimon-Legierungen sind Hartblei und finden die hauptsächlichste Verwendung als Buchdruckmetalle. Sie enthalten 5 bis 25% Antimon. Das eigentliche Letternmetall hat neben 12 bis 15% Antimon noch 1 bis 8% Zinn. Die Härte der Legierung wächst mit dem Anteil an Antimon

von etwa 8 kg/mm² (Brinellhärte) bis 35 kg/mm²

Besondere Blei-Spritzgußlegierungen sind in DIN 1741 genormt. Danach sind zu unterscheiden: Blei-Spritzgußlegierung 46, 59, 85, 87 und 97 mit den Kurzzeichen Sg Pb 46, Sg Pb 59 usw. Die Ziffer gibt den mittleren Bleigehalt an. Der Antimongehalt beträgt bei den geringer bleihaltigen Sorten 9 bis 14%, bei Sg Pb 97 nur 2 bis 4%. Die Sorten Sg Pb 46 und 59 enthalten 39 bis 41 bzw. 24 bis 26% Zinn und 1,5 bis 2,5 bzw. 2,5 bis 3,5% Kupfer.

b) Zinn-Legierungen.

Eine Zinn-Antimon-Legierung mit 85% Sn, 10% Sb und einem Rest Zn ist unter dem Namen Britanniametall bekannt. Sie wurde früher viel für Bestecke verwendet. Zinn-Blei-Legierungen mit 40 bis 50% Blei kamen bei Spielwaren (Zinnfiguren usw.) zur Verwendung. Für Orgelpfeifen brauchte nan eine Zinn-Legierung mit 12 bis 25% Blei. Heute sind diese Legierungen jedoch sämtlich durch andere, weniger devisenfressende, ausgetauscht.

Zinn-Spritzgußlegierungen sind in DIN 1742 genormt. Sie enthalten im Mittel 50 bis 78% Zinn, 12 bis 18% Antimon, 3,5 bis 5,5% Kupfer und bis zu 34% Blei. Das Kurzzeichen Sg Sn 50, Sg Sn 60 usw. gibt in der Ziffer den mittleren Zinngehalt an. Die Verwendung von Zinn-Spritzgußlegierungen geht jedoch mit dem Gebrauch von Zink-Spritzguß und Spritzguß aus Aluminium- und Magnesium-Legierungen immer mehr

zurück.

c) Blei-Zinn-Legierungen.

Diese Legierungen dienen hauptsächlich als Weichlote und bilden in Verbindung mit Wismut, Kadmium und Quecksilber

leichtflüssige Legierungen.

Der Schmelzpunkt der Weichlote liegt zwischen 180 und 300°. Zusätze von Wismut erniedrigen, von Antimon erhöhen den Schmelzpunkt. Blei-Zinnlote sind in DIN 1707 genormt. Wegen der Giftigkeit des Bleies dürfen Gefäße für Nahrungsmittel nur mit einem Weichlot gelötet werden, das höchstens 10% Blei enthält.

Tafel 8 enthält Angaben über die genormten Weichlote,

ihre Zusammensetzung und Verwendung:

Tafel. 8. Weichlote nach DIN 1707.

Benennung	Kurz- zeichen	Zusammen- setzung		Verwendung
	· Second	Zinn	Blei	
Lötzinn 25	Sn L 25	25	75	Für Flammenlötung (für Kolbenlötung nicht ge- eignet.)
Lötzinn 30	Sn L 30	30	-70	Bau- und grobe Klemp- nerarbeit.
Lötzinn 33	Sn L 33	33	67	Zinkbleche und verzinkte Bleche.
Lötzinn 40	Sn L 40	40	60	Messing- und Weißblech- lötung.
Lötzinn 50	Sn L 50	50	50	Messing- und Weißblech- lötung für Elektrizitäts- zähler u. Gaszähler und Konservenindustrie.
Lötzinn 60	Sn L 60	60	40	Lot für leichtschmelzende Metallgegenstände, feine Lötungen z. B. in der Elektroindustrie.
Lötzinn 90	Sn L 90	90	10	Besondere, durch gesund- heitliche Rücksichten bedingteAnwendungen.

Außer diesen sind Austauschlote entwickelt, die aus Blei, Zinn und Kadmium bestehen, der Zinngehalt beträgt hierbei 15%. Der Schmelzpunkt liegt etwas höher als der der höher zinnhaltigen Lote, worauf beim Löten zu achten ist. Um Metalle mit niedrigeren Schmelzpunkten zu erhalten, wird noch Wis-



Abb. 6. Schmelzsicherung für Dampfkessel.

Tafel 9. Zinkformgußlegierungen1).

Gattung²) (Kurzzeichen)	Leglerungen	Zusammen- setzung °/o	Zustan	Wichte	Zug- festig- keit*) kg/mm²	Bruch-dehnung ⁴) δ ₁₀ °/ ₀	Brinell- härte 5/250/30 kg/mm³	Richtlinien für die Verwendung
G Zn—Al4—Cu1	AN 412 G Giesche-ZL 2 Spezial II Zamak 5	3,8—4,3 Al 0,9—1,3 Cu 0,02—0,06Mg Rest Fein- zink³)	Sandguß Kokillen- guß	6,7	18—24 22—25	1,5—0,5 2,5—1	70—90 80—100	Formguß hoher Festig- keit, prak- tisch maß- beständig
G Zn—Cu 4	Giesche-ZL 7	8—5 Cu · 0,15—0,25 Al Rest Feinzink	Sandguß Kokillen- guß	1 ,22	11—18 17—19	1,5—0,5 2,5—1	75—85 80—90	Formguß mittl. Festig- keit, maß- beständig, gut lötfähig

1) Die Tafeln über Zinklegierungen sind mit Genehmigung der Zinkberatungsstelle G.m.b.H. Berlin W 50 den von ihr herausgegebenen Merkblättern entnommen.

2) Die Gruppe der Zinkformgußlegierungen wird in Kürze noch eine Ergänzung erfahren.

3) Reinheitsgrad 99,99%. Die Legierungen dürfen max. folgende Beimengungen haben: Fe + Mn Pb + Cd + Sn + Bi + Tl < 0,012% davon Sn < 0,001%

4) Gemessen an gesondert gegossenen Prüfstäben

Benennung	(Kurzzeichen)	redieinudeu	refletniilitosoita A	200.0		s kg/mm*	8,000	kg/mm*	min consumers
	Zn-Al 4	Glesche – ZL 3	4 Al 0,5 Cu 0,03 Mg	gepreßt und nachgezogen	6,7	37-42	12 8	90-100	Siengan, Profile,
	Zn-Al 4-Cu 1	Zamak—Alpha	4 Al 1 Cu 0,03 Mg	gepreßt u. 10% nachgezogen	6.7	37-44	12 8	90—105	GesenkpreStelle
	Zn-Al10	Zamak — Eta	10 Al 0,3 Cu	gepreßt u. 10% nachgezagen	6,2	32-35	2620	65 75	Profile, Rohre, Orahle
Feinzink- Preß- legierungen	Zn-Al10-Cu 1	Zamak — Beta	10 A1 0,7 Cu 0,03 Mg	gepraßt u. 10% nachgezogen	6,2	40—46	12— 8	90—110	Stangen Profile, Bånder, enk- profitelle, Auroma- tentelle (håribat) prakt, maßbeständ,
	Zn-Al15	Giesche – ZL 10	15 Al 0,05 Mg	gepreßt	5,7	4448	0— 5	105—115	Kalizāhe Legierung
	Zn-Al 25	Zamak-Kappa	25 Al 0,4 Cu 0,01 Mg	gepreßt	4,8	44—48	9_ 6	100-120	Kaltzöhe Legierung
	Zn-Cu 4	Giesche – ZL 7	4 Cu 0,2 Al	gepreßt und nachgezogen	7,2	30—36	40—25	80— 90	Stangen, Profile, Rahre, Gerenkpreß- telle, moßbeständig
	Zn-Cu 4 A	Glesche – ZL 6	4 Cu 0,2 Al 0,7 Pb 0,3 Bi+ Mn+Tl	geprest und	7,2	30—36	20—10	75— 90	Aulomoten- feile

Total 11 Zinkwalzlegierungen

Talei II. Zilik Waltziegier dingon.									
Benennung	Gattung (Kurzzeichen)	Legierungen	Legierungszusätze %	Zustand	Wichte	Zugfestig- keit*)*) a _B kg/mm ¹	Bruch- dehnung 1) 1) 6 in %	Brinellhärte 5/250/30 kg/mm²	Eldstlinien für die Verwendung
Feinzink- Walz-	Zn-Al10	Zamak—Eta Zamak—Eta H	10 Al 0,3 Cu 10 Al 0,3 Cu 0,01 Mg		6,2	22-32 40-50	100-60 20- 8	55 65 100130	Blache und Bönder
legierungen	Zn-Cu 4	Giesche-ZL7	4 Cu 0,2 A1	weich halbhari hart	7,2	23—27 25—34 33—42	70—60 35—20 18—10	45— 55 65— 75 90—100	Siecha und Bönder
Handelszink- Walz- legiarungen³)	Zn-Li	L 21 MI 38	0,4 Pb 0,01 Li 0,8 Pb 0,01 Li	welch welch	7,1	25—38 22—38	15 8 2315	65— 75 65— 75	Bleche und Sänder

¹⁾ Die angegebenen Werte gelten für eine Zerreißgeschwindigkeit zwischen 20 und 30 mm/min.

⁵ Diese Gruppe wird in Kürze noch Ergänzungen erfahren.

⁹ Mit Rudsicht auf den bei Zinkwalziegierungen erheblichen Einfluß der Herstellungsweise auf die mechanischen Eigenschaften sind hier jeweils breite Bereiche angegeben.

mut oder Quecksilber zulegiert. Nachstehend einige Angaben über derartige Legierungen und ihre Zusammensetzung:

Woods Metall: 25% Pb; 12,5% Sn; 50% Bi; 12,5% Cd.

Der Schmelzpunkt liegt bei 60,5°.

Roses Metall: 25% Pb; 25% Sn; 50% Bi; Schmelz-

punkt 93,75°.

Diese Metalle finden Verwendung für Schmelzsicherungen an Dampfkesseln, (Abb. 6), Sicherungsleitungen für Feuerlöschzwecke und elektrische Leitungen, zur Befestigung von Diamanten in Bohrgeräten, Metallkitte usw.

d) Zink-Legierungen.

Zink-Legierungen werden als Guß- und als Knetlegierungen erzeugt. Gegossene Zink-Legierungen werden hergestellt in Sandguß, Kokillenguß, Schleuderguß und Spritzguß, Sie enthalten im Mittel bei 91 bis 96,5 % Zink; 3,8 bis 4,3 % bzw. 0,15—0,25 % Aluminium und 0,9 bis 1,5 % bzw. 8—5 % Kupfer. Einige Sonderlegierungen haben 10 bis 25 % Al. Tafel 9 enthält einige Zinkformgußlegierungen mit den wichtigsten Angaben über Festigkeit, Härte, Art der Verwendung usw. Manche Legierungen enthalten noch Magnesium, Blei, Wismut, Titan, Lithium, Mangan in geringen Anteilen, selten mehr als 0,1 %, nur Blei kommt in Anteilen bis 0,7 % vor. Die wichtigsten Zink-Legierungen sind die aluminiumhaltigen Spritzguß-Legierungen, die nach DIN 1743 genormt sind.

Danach gibt es kupferreiche, kupferarme und kupferfreie Zink-Spritzgußlegierungen mit den neuen Kurzzeichen für Spritzguß: Sp G Zn-Al 4-Cu 3, Sp G Zn-Al 4-Cu 1 und Sp G Zn-Al 4. Der Kupfergehalt beträgt höchstens 4%. Die Zugfestigkeit ist bei den kupferreichen Legierungen 32 bis 38 kg/mm², bei den kupferarmen 27 bis 33 kg/mm² und bei den kupferfreien 25 bis 80 kg/mm² bei einer Dehnung von 2 bis zu 6% und einer Brinellhärte von 120 bis 60 kg/mm². Die Wichte ist 6,9; 6,8 und 6,7 g/cm³.

Unter der Bezeichnung ZL und Zamak werden Zink-Spritzgußlegierungen mit besonders guten Festigkeitseigenschaften hergestellt, deren Zugfestigkeit 20 bis 35 kg/mm² beträgt bei einer Dehnung von 1 bis 7%. Tafel 12 enthält Angaben

über die Zusammensetzung der Zamak-Legierungen.

ZL 3 entspricht Zamak 3, ZL 2 entspricht Zamak 2 und

ZL 1 entspricht Zamak 2.

Zamak 3 (D. R. P. 577 073) ist eine alterungs- und maßbeständige Legierung. Das bedeutet gegenüber den bis vor wenigen Jahren gebräuchlichen Zinklegierungen einen wesentlichen Fortschritt, der durch die besondere Reinheit der Le-

Tafel 13. Zamak-Preßlegierungen im Vergleich zu Messing 58.

Legierung:	Zamak-Alpha		Zamak-Beta		Messing 58	
Zusammensetzung:	Lenwan	12 T	RAPINE	1 1 25	INTES.	新兴·克特尔
Aluminium % Kupfer % Magnesium % Zink %	0,9—1,2 0,02—0,05		9—11 1—2 0,02—0,05 Rest		58 (2% Pb) 40	
Preßqualität:	A	В	A	В	A	В
Zugfestigkeit kg/mm² Dehnung % Brinellhärte H/10/500/30 Streckgrenze kg/mm² Einschnürung % Biegefestigpeit kg/mm² Biegestreckgrenze kg/mm² Dauerbiegefestigkeit kg/mm² Basis 20 000 000	4—6 85—95 34—38 15—30 75—83	38—42 8—10 95—110 36—40 30—40 85 44 13—15	46—50 5—8 105—115 40—43 45—50 84—88 55—60 12—14	46—50 9—12 110—120 30—34 50—55 80—85 38—42 12—14	43—46 25—30 86—100 35—45 40—50 58—61 28—31 12—18	49 10 135 40 30—35 75—80 47—50 12—18
Schlagbiegefestigkeit (Doppelseitig) kg/mm² . Schlagbiegefestigkeit cmkg/mm²	20—23 18—23	21,3 18	22—26 13—15	20—25 14—16	20—25 17—20	22—28 12—14

A) Für Verarbeitung in Preßgesenken — roh gepreßt.
 B) Automatenqualität — roh gepreßt, geglüht und gezogen.

Tafel 12. Zusammensetzung der Zamak-Legierungen.

Bestandteile	Zamak 3	Zamak 5	Zamak 2
	(DIN	(DIN	(DIN
	Sp G-Zn-Al)	Sp G-Zn-Al-Cu 2)	Sg G-Zn-Al-Cu 1)
Aluminium % Kupfer % Magnesium % Zink (99,99%)	3,9—4,3	3,9—4,3	3,9—4,3
	—	0,9—1,2	2,5—2,9
	0,03—0,06	0,02—0,05	0,02—0,05
	Rest	Rest	Rest

gerungsbestandteile und die Kupferfreiheit erreicht wird. Zamak 5 kann als Gußlegierung in Sand und Kokille vergossen
werden und dient mit dieser Verarbeitung in vielen Fällen als
Austauschwerkstoff für Gußmessing. Andere Zamak- und ZLErzeugnisse ähnlicher Art haben sich als Zink-Preßlegierungen bewährt, sie kommen als Austauschwerkstoffe für
Ms 58 in Betracht. Es sind die Erzeugnisse Zamak-Alpha und
Zamak-Beta, sowie ZL 3, ZL 4 und ZL 5. Über Zusammensetzung und Eigenschaften enthält Tafel 13 einige Angaben,

Diese Legierungen werden in Stangen rund, vierkant, sechskant, flach und in einfachen Profilformen mit den für Messingautomatenstangen üblichen geringen Maßtoleranten geliefert. Zamak-Alpha eignet sich besonders für Warmpreßteile, Zamak-Beta seiner guten Zerspanbarkeit wegen als Automaten-

Werkstoff.

Das Spritzgußverfahren.

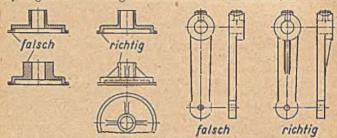
Flüssiges Metall wird unter hohem Druck in eine aus Stahl hergestellte Dauerform gepreßt. Die Hohlform muß genau und sauber gearbeitet sein und in den Abmessungen unter Berücksichtigung des Schwindens bei Erstarrung dem Fertigerzeugnis ohne Bearbeitungszugaben entsprechen. Bohrungen und Gewinde werden meist mitgegossen. Spritzgußstücke, die aus einer Form ausgebracht sind, besitzen eine saubere und glatte Oberfläche und stimmen in ihren Abmessungen untereinander mit ganz geringen Abweichungen überein. Sie können nach Entfernung des Eingusses meist ohne weitere Nacharbeit verwendet werden.

Der Zinkspritzguß bietet viele gute Möglichkeiten. Er kann in sehr vielen Fällen als gleichwertiger Austauschstoff für Messing verwendet werden, wobei gleichzeitig eine wesentliche

Verbilligung erzielt wird.

Bei der Gestaltung von Spritzgußteilen sind gewisse

Grundregeln zu beachten, die nicht von der zur Verwendung kommenden Legierung abhängig sind, sondern vielmehr für alle Spritzgußlegierungen gelten. Unterschiede bestehen lediglich hinsichtlich der Wandstärken, Verjüngungen der Bohrungen und Innenwandungen. Es empfiehlt sich, schon beim Entwurf von Spritzgußteilen mit den Spezialwerken zusammen zu arbeiten, die die Spritzgußteile anfertigen, weil diese über die erforderlichen Erfahrungen verfügen. Die Gestaltung von Spritzgußteilen verlangt mehr noch als bei anderem Guß Rück-



Grenzwerte für Wandstärken und Abrundungen

Material	Wandstärken	Abrundungen
Blei-Zinn-Legierung	0,75 ÷ 2,5 mm	r ≥ 0,5 mm
Zink-Legierung	1,5 + 2,5 mm	r= 0,5 mm
Aluminium - Legierung	2,0 +3,5 mm	r= 10mm

Abb. 7. Gestaltung von Spritzgußteilen (nach A.W.F.).

sicht auf die Forderung, daß die Teile gut aus der Form herauszunehmen sind. Schwierige Formen müssen vermieden werden, sie sind teuer, erhöhen also den Gestehungspreis und können zu unsauberen Gußstücken führen. Abb. 7 enthält einige Angaben über die Gestaltung von Spritzgußteilen. In der Abb. 8 sind einige Spritzgußteile dargestellt.

8. Lagermetalle.

Die für Gleitlager verwendeten Metalle werden nach DIN 1703 einheitlich als Weißmetall mit dem Kurzzeichen WM bezeichnet, die angefügte Zahl gibt den Zinngehalt an. So ist die Bezeichnung für Weißmetall mit einem Zinngehalt von 80% WM 80. Außerdem führt das Normblatt noch zwei zinnärmere Weißmetalle WM 10 und WM 5 auf. Die beiden letzt-

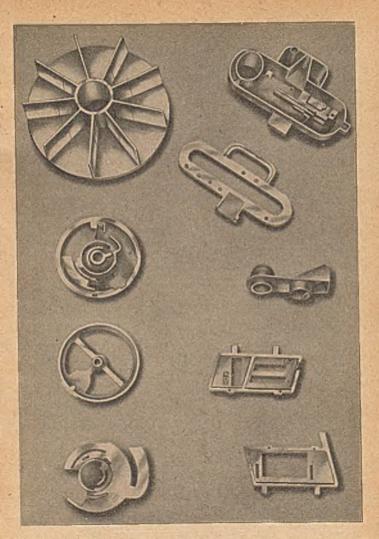


Abb. 8. Spritzgußteile.

Tafel 14. Zinnarme und zinnfreie Lagermetalle nach DIN 1703 U1). -

Gruppe	Kurzzeichen	Austausch- legierung	ierung härte		Ungefähre Zusammensetzung °/0					
	für		20° bis 100° C	Pb	Sb	Sn	Cd	Cu	Ni	Verschie- dene*)
	Lg Pb—Sn 10	WM 80	32 bis 10	67— 83,5	18,5—	9,8— 10	bis 2	bis 2,1	bis 1,25	bis 1,4
Zinnarme Blei- Lagermetalle	Lg Pb—Sn 6	WM 80	32 bis 9	73— 80	14-	5— 8,5	bis 1,5	bis 1,5	bis 1	bis 0,90
	Lg Pb—Sn 6	WM 42 WM 20	32 bis 8	71— 80	14—20	1,5— 5,3	_ bis 1,5	bis 4,0	bis 2,0	bis 1,2
Zinnfreie Blei-La- germetalle mit Antimonzusatz	Lg Pb—Sb	WM 42 WM 20	25 bis 7	75,3— 84	16— 20			bis 1,5	bis 1,8	bis 1,3
Zinnfreie Blei- Lagermetalle mit Alkalizusatz	Lg Pb	WM 80	36 bis 20	98 99	_			_		0,16— 0,18
Zinnfreie Zink- Lagermetalle	Lg Zn	WM 5	118 bis 86	86—95% Zn; 2—0,8%Cu; 2,5—5% Al. Bleifrei, kleine Mengen Mg, Li, Ni u.a.						

¹⁾ Diese Tafel enthält eine freie Zusammenfassung; maßgebend ist jeweils die neueste Ausgabe von DIN 1703 U, Beuth-Vortrieb G. m. b. H. Berlin SW 68.

2) As, P, Ca, Na, Li, Al, Zn, W, Graphit.

genannten enthalten neben 15,5% Antimon und 1% Kupfer noch 73,5% bzw. 78,5% Blei. Die Wichte beträgt je nach dem

Bleigehalt 7,5 bis 10,1 g/cm3.

Außer diesem genormten Lagermetall gibt es aber noch eine ganze Anzahl anderer Lagermetalle, wie Gußeisen, Rotguß, Sondermessing, Zinklegierungen, Bleibronzen, Aluminium- und Magnesium-Legierungen. Die als Lagerwerkstoffe in wachsendem Umfange verwendeten Nichtmetalle, wie Kunstharz-Preßmassen, vergütetes Holz, Weichgummi werden an anderen Stellen dieses Buches behandelt.

Die Lagermetalle werden entweder gegossen oder zu Rohren gezogen und auf Länge abgeschnitten. Alle Lagermetalle müssen daher gut gieß-, preß- oder ziehbar sein. Die oben genannten genormten Zinn- bzw. Blei-Zinn-Weißmetalle dürfen nur noch für besondere Zwecke freigegeben werden. Austauschstoffe dafür enthält die Umstellnorm DIN 1703 U. Sie führt zinnarme Weißmetalle und zinnfreie Blei-Legierungen an. Bezeichnet werden diese Metalle mit dem Kurzzeichen Lg Pb-Sb DIN 1703 U. In Tafel 14 sind die wichtigsten Angaben über diese Legierungen enthalten.

Im Handel erscheinen die Blei-Lagermetalle unter sehr vielen verschiedenen Namen. In Tafel 15 sind einige solcher Legierungen unter Anführung der entsprechenden genormten

Typen enthalten.

Die Lagermetalle werden von Hand, im Schleuderguß, am besten aber unter Druck-vergossen. Dabei werden die Lagerschalen so genau, daß man sie nicht auszubohren braucht.

Zinnbronzen und Rotguß sind vorzügliche Lagermetalle, doch werden diese stark zinnhaltigen mehr und mehr durch andere, zinnarme Metalle ausgetauscht, die als Sonderbronzen, wie die bereits erwähnten Legierungen Carobronze, Kuprodur, Nidabronze u. a. schon große Verbreitung gefunden

haben und sich vorzüglich bewähren.

Einen besonderen Platz unter diesen Bronzen nehmen die selbstschmierenden ölhaltigen Lagermetalle ein. Sie werden aus gesintertem Werkstoff hergestellt. Die Legierungsbestandteile werden in Pulverform unter hohem Druck zusammengepreßt. Dadurch entstehen im Stoff Poren, die das Öl aufnehmen. Ölnuten oder Schmierlöcher sind überflüssig. Das im Lager vorhandene Öl, das gegebenenfalls durch einen außerhalb angebrachten Öler ohne besondere Zuführungslöcher noch ergänzt werden kann, verbreitet sich über die mit dem Lager in Berührung stehende Welle. Jede Temperaturerhöhung bringt weiteres Öl an die Oberfläche und bewirkt ständige und ausreichende Schmierung. Bei der Abkühlung wird der Schmierstoff wieder schnell durch die Wandung des Lagers aufgesaugt, wo-

Tafel 15. Handelsnamen von Bleilagermetallen!)

Bezeichnung	DIN 1703 U	Bezeichnung	DIN 1703 U
Bn-Metall	Lg Pb	Motor-Glyco H	Lg Pb-Sn 10
Careco Nr. I	Lg Pb-Sn 10	Motor-Glyco 3	Lg Pb-Sn 10
Careco Nr. II	Lg Pb-Sn 6	Original-Glyco	Lg Pb-Sn 6
Careco Nr. III	Lg Pb-Sn 4	Polar-Glyco 10	Lg Pb-Sn 10
Careco 500	Lg Pb-Sn 4	Polar-Glyco 5	Lg Pb-Sn 6
Daraco Z	Lg Pb-Sn 10	Polar-Glyco 3	Lg Pb-Sn 4
Daraco S	Lg Pb-Sn 6	Tego	LgPb-Sn 4
Daraco F	Lg Pb Sn 4	Thermit	Lg Pb-Sn 6
Ebbinghaus 167	Lg Pb·Sn 10	Torpedo 2180	Lg Pb-Sn 10
E. T. V. 10	Lg Pb·Sn 10	Torpedo 2129	Lg Pb-Sb
E. T. V. 5	Lg Pb·Sn 6	Turbo-Glyco	LgPb-Sb
Gittermetall Gk	Lg Pb-Sn 10	Uno-Glyco	Lg Pb-Sn 10
Gittermetall Gka	Lg Pb Sn 10	Wolfram-FalkeIa	Lg Pb-Sn 4
Gittermetall R	Lg Pb-Sn 6	Wolfram-FalkeII	Lg Pb-Sn 4
Gittermetall N	Lg Pb-Sb	Wolfram-Sonder- legierung	Lg Pb-Sn 4
Leg. 141	Lg Pb-Sn 10	Wolfram-Univer-	Lg Pb-Sn 4
Leg. 1011	Lg Pb-Sn 10	Wolfram-Min- derlegierung	Lg Pb-Sb
Leg. 14	Lg Pb-Sn 6	Zoller L 7	Le Ph-Sn 10
		Zoller L 8	Lg Pb-Sn 10 Lg Pb-Sn 6

bei ein dünner Ölfilm an der Oberfläche bleibt. Solche Lagerbuchsen, wie z. B. die unter dem Namen Compo H im Handel käuflichen, werden einbaufertig geliefert. Die Compo-Buchse wird auf einen Einpreßdorn geschoben und in das Lager-Gehäuse gepreßt. Schrauben sollen zur Befestigung der Buchse nicht angewendet werden.

Bleibronzen.

Kupferlegierungen mit einem wesentlichen Zusatz von Blei, durch den die Legierungen besondere technologische Eigenschaften erhalten, bezeichnet man als Bleibronzen. Die untere Grenze des Bleigehalts liegt bei 4%. Die Bleibronzen sind in DIN 1716 zusammengefaßt. Man unterscheidet danach:

 a) Blei-Zweistoffbronzen mit Bleigehalten von 10 bis 20, 20 bis 30 und über 30% Blei, Rest Kupfer.

¹) Übersichtsblatt "Lagerausgußmetalle. Zinnarme und zinnfreie Lagerausgußmetalle für Gleitlager und Gleitflächen". Berlin 1936.

b) Die gleichen Bronzen wie unter a), jedoch mit Zusätzen anderer Stoffe bis insgesamt 2%. Als Zusätze kommen in erster Linie Ni, Sn, Fe, S und P in Betracht.

c) Blei-Zinn-Bronzen in drei Gruppen mit 4 bis 22 % Pb

und 5 bis 11% Sn.

d) Blei-Mehrstoffbronzen mit Bleigehalten von 10 bis 20 und 20 bis 35% und größeren Zusätzen von Sn, Ni, Zn, Mn und anderen Stoffen.

Der Bleigehalt gibt den Legierungen gute Gleiteigenschaften und beeinflußt daneben die Gießbarkeit, Dichtigkeit und che-

mische Beständigkeit günstig.

Die Bleibronze wird an ein Stützmetall höherer Festigkeit angegossen. Als Werkstoff für dieses Stützmetall dient meist weicher Flußstahl. Die Bronze erhält eine Stärke von knapp 1 mm bis herunter zu 0,5 mm. Je dünner der Schalenausguß an Bronze ist, desto besser verhält sich das Lager, denn wegen des dünnen Ausgusses kann die Wärme schnell aus dem Lager abgeleitet werden. Außerdem hat das Blei selbstschmierende Eigenschaften.

Bleibronze wird als Lagerformguß, Stahl-Verbundlager, in Vollstangen, Buchsen, vorgedrehten und fertig gedrehten Teilen und dergl. geliefert. Sie wird auch zu Gußstücken für die chemische Industrie und im Gerätebau verwendet. Das DINblatt enthält Richtlinien für die Verwendung und Angaben über Zug-

festigkeit, Dehnung und Brinellhärte.

Aluminium- und Magnesium-Legierungen als Lagermetalle befinden sich noch in der Entwicklung. Dabei ist weniger der Gedanke des Austausches gegen andere Metalle maßgebend, als der Wunsch Lagermetalle zu finden, die besonders für Flugmotoren geeignet sind. Es sind schon verschiedene Aluminium-legierungen auf die Geeignetheit als Lagermetall hin untersucht worden. Gute Erfolge werden dem unter dem Namen Alva 36 bekannten Leicht-Lagermetall auf Aluminium-Grundlage nachgesagt. Dieses Metall wird vom Hersteller in Form von Stangen, Rohren, Preßteilen, Schmiedestücken, Sandform- und Kokillenguß, Schleuderguß oder Fertigteilen aller Art geliefert.

Alva 36 enthält außer Aluminium noch Blei, Antimon,

Kupfer, Mangan und Eisen.

Eine andere Legierung auf Silizium-Grundlage ist unter dem Namen Quarzel Q5 im Handel. Sie enthält neben Aluminium und etwa 5% Kupfer geringe Mengen Eisen und Silizium. Diese Legierung soll sich bei Pleuellagern von schnelllaufenden Dieselmotoren gegenüber Lagern aus Bronze und Rotguß weit besser bewährt haben. Schließlich sind noch Aluminium-Lagermetalle mit hohem Siliziumgehalt (bis 20%) entwickelt worden. Die Versuche damit sind jedoch noch nicht

abgeschlossen.

Verschiedene Magnesium-Legierungen sind ebenfalls für Lager geeignet, z.B. die nach DIN 1717 genormten G Mg-Al 6-Zn, G Mg-Al, Mg-Al 6 und Mg-Al 9. Näheres über diese Bezeichnungen sind im Abschnitt "Leichtmetalle" dieses Buches enthalten.

Schließlich seien auch noch gewisse Zinklegierungen als Lagerwerkstoffe genannt, wie Zamak 2 und Giesche ZL 1, sie

wurden bereits bei den Zinklegierungen behandelt.

C. Leichtmetalle

1. Allgemeines, Arten.

Die nachstehende Zusammenstellung (Tafel 16) enthält die wichtigsten technisch verwendeten Leichtmetalle in der Reihenfolge der Häufigkeit ihres Vorkommens in den obersten 16 km der festen Erdrinde, den Ozeanen und der die Erde umgebenden Lufthülle.

Tafel 16. Leichtmetalle.

Benennung	Chemisches Zeichen	Wichte	Verbreitung in d. Erdrinde, d. Ozeanen u. d. Lufthülle %/0
Silizium	Si	2,34	25,3
Aluminium	Al	2,69	7,5
Calzium	Ca	1,55	3,39
Natrium	Na	0,97	2,63
Kalium		0,86	. 2,40
Magnesium	Mg	1,74	1,93
Strontium	Sr	2,63	0,020
Lithium		0,53	0,004
Rubidium		1,52	0.0035
Beryllium	Be	1,84	0,0005
Cäsium	Cs	1,87	0,00007

Von den in Tafel 11 aufgeführten Leichtmetallen sind Lithium, Kalium, Natrium, Rubidium und Cäsium für sich allein nicht verwendbar. Sie laufen an feuchter Luft rasch an, zersetzen das Wasser und entzünden sich sehr leicht. Man verwendet sie als härtende Zusätze zu Blei, Aluminiumlegierungen und Lagerweißmetallen. In neuerer Zeit gelangt besonders das

Lithium mehr und mehr in Anwendung zur Herstellung besonders leichter Aluminiumlegierungen mit einem geringen Gehalt an Kupfer, Zink, Blei, Magnesium. Derartige lithiumlegierte Leichtmetalle lassen sich vergüten, und erlangen eine ziemliche Härte. Eine gewisse Rolle spielt das Lithium als Legierungsbestandteil im "Bahnmetall", einem für den Eisenbahnbetrieb geeigneten Lagermetall, das aus Blei mit 0,73 % Ca; 0,04 % Li und 0.58% Na besteht. Man stellt neuerdings auch Lithium-Beryllium-Legierungen her mit einem Li-Gehalt von 15 bis 23%. Bei der Reinigung und Verbesserung anderer Metalle leisten oft geringe Lithiumzusätze gute Dienste, z. B. bei der Kupferraffinierung. In Akkumulatoren verwendet man heute vielfach Lithiumhydroxyd. Die Lebensdauer alkalischer Akkumulatoren, die Eisen und Nickeloxydelektroden und als Elektrolyt Kalilauge enthalten, wird durch Zugabe von Lithiumhydroxydlösungen wesentlich verlängert.

Da die Gewinnung des Lithiums, das übrigens aus deutschen Rohstoffen, dem Lithiumglimmer (Zinnwald im Erzgebirge), gewonnen wird, bei dem geringen Metallgehalt des Rohstoffs sehr kostspielig ist, hat das Metall einen hohen Preis. Wegen seiner außerordentlichen Verbindungsfähigkeit an der Luft muß das in Stangen vergossene Metall in sorgfältig verlötetenBlech-

büchsen verpackt in den Handel gebracht werden.

Kalium, Rubidium und Cäsium haben bisher noch keine

nennenswerte technische Verwendung gefunden.

Kalzium oxydiert rasch, wenn auch nicht so stürmisch wie die vorgenannten Metalle. Man verwendet es als Legierungsmetall, zum Trocknen von Alkoholen, zur Reinigung von Edelgasen und als Desoxydationsmittel.

Silizium, Aluminium, Magnesium, Strontium und Beryllium haben, bis auf Strontium, teilweise eine sehr weitgehende Ver-

wendung gefunden.

Beryllium wird in wachsendem Umfange als Legierungsbestandteil für Stahl, Kupfer, Nickel und Aluminium verwendet. Es wird aus dem Beryll, dessen reinste Form der Smaragd ist, in einem sehr umständlichen Aufschlußverfahren und schließlich durch Elektrolyse gewonnen. Beryllium ist stahlgrau bis silberweiß, spröde, doch steigt seine Dehnbarkeit mit zunehmender Reinheit. Es schmilzt bei 1278°.

Die Kupfer- und Nickel-Berylliumlegierungen zeichnen sich durch hohe Vergütharkeit aus, d. h. ihre Festigkeitseigenschaften lassen sich durch geeignete Wärmebehandlung erheblich verbessern. Die Berylliumlegierungen werden durch Abschreckung von hohen auf niedrige Temperaturen weich und durch darauffolgendes Anlassen bei niederer Temperatur hart. Durch Kaltverformen lassen sich die erreichten Härte-

grade weiter erhöhen.

Kupfer-Berylliumlegierungen mit 2,5% Be, Nickel-Berylliumlegierungen mit 1,9% Be und sogenanntes Beryllium-Contracid (60% Ni, 15% Cr, 7% Mo, 0,7% Be, Rest Fe) sind vollkommen rostsicher und seewasserbeständig.

Berylliumlegierungen haben ihrer guten Eigen-

schaften wegen noch eine große Zukunft.

Silizium wird bis zu beinahe reinem Metall hergestellt. Meist ist es jedoch mit Eisen als Ferrosilizium legiert. Es ist ein wichtiger Legierungsbestandteil für Schwer- und Leichtmetalle, spielt aber als selbständiges Metall keine Rolle.

Die weitaus größte technische Bedeutung von allen Leichtmetallen haben Aluminium und Magnesium erlangt, auf

sie soll daher hier auch näher eingegangen werden.

2. Aluminium.

a) Vorkommen und Geschichtliches.

Aluminium findet sich in vielen Mineralien, doch spielen als Rohstoffe für die Darstellung des Metalls nur wenige von ihnen eine Rolle. Die wichtigsten sind die sogenannten Bauxite, in denen sich das Aluminium in oxydischer Form befindet.

Daß dieser oxydischen Form ein Metall zugrunde liegt, erkannten Wissenschaftler schon im Jahre 1722. In der Folgezeit haben sich dann viele Forscher mit der Darstellung des metallischen Aluminiums beschäftigt, ohne ein wiederholungsfähiges Verfahren zu entdecken. Das gelang erst dem deutschen Physiker Friedrich Wöhler, der im Jahre 1827 als erster metallisches Aluminium darstellte. Er ließ metallisches Kalium auf wasserfreies Aluminiumchlorid einwirken und erhielt so zuerst ein graues Pulver. 18 Jahre später gelang es ihm, das Aluminium in Form glänzender Metallkügelchen darzustellen. Mit Unterstützung Napoleon III., der Helme und Panzer aus Leichtmetall herstellen lassen wollte, verbesserte der Franzose Deville die Aluminiumgewinnung, so daß der Preis, der noch 1854 etwa 2400 RM je kg betrug, im Jahre 1859 bereits auf 160 RM gesunken war. Etwa gleichzeitig mit Deville und unabhängig von diesem beschäftigte sich auch der deutsche Physiker Robert Wilhelm Bunsen mit erfolgreichen Versuchen zur Verbesserung und Verbilligung der Aluminiumgewinnung durch elektrolytische Herstellung. An eine technische Darstellung auf diesem Wege war aber damals nicht zu denken, weil die genügend starke und billige Stromquelle fehlte, die erst mit der Erfindung der Dynamomaschine durch Werner Siemens im Jahre 1866 und durch Ausnützung der Wasserkräfte als Energiequelle geschaffen wurde. Im Jahre 1888 wurden die bis dahin gemachten Erfindungen unter finanzieller Beteiligung der "Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft" (AEG.) in der neu gegründeten Aluminium-Industrie A. G., Neuhausen am Rheinfall in der Schweiz durch den deutschen Chemiker Kiliani und den Franzosen Héroult weiter entwickelt. Das Werk, dessen Arbeitsweise sich auf den Patenten von Kiliani und Heroult aufbaute, arbeitet in den Grundzügen noch heute nach demselben Verfahren. Kurz danach wurden Aluminiumhütten in Amerika, Frankreich, England, Norwegen und anderen europäischen Ländern erbaut. Von da ab sank der Preis des Aluminiums ganz bedeutend. Er betrug 1889 50 RM je kg, 1890 25,10 RM, 1914 1,65 RM und beträgt heute 1,38 RM.

Die Welterzeugung an Aluminium stieg von 650t im Jahre 1895 auf 256000 t im Jahre 1928. Sie belief sich im Jahre 1938 auf fast 600000 t, wovon in Großdeutschland allein ¹/₃, rund 200000 t gewonnen wurden. Deutschland steht damit an der Spitze aller Aluminium erzeugenden Länder. Auch im Aluminiumverbrauch marschiert Deutschland weit vor allen anderen Ländern. Er beträgt je Kopf der Bevölkerung 1,95 kg, dann folgen die U.S.A. mit 1,19 und Großbritannien mit 1,06 kg.

Die Grundlage der deutschen Aluminiumgewinnung bildete bis zum Jahre 1915 nur ein Tochterwerk der Aluminium A.-G. Neuhausen in Badisch-Rheinfelden. Während des Weltkrieges wurden in aller Eile neue Werke geschaffen. Die heute bestehenden Aluminiumhütten befinden sich in Bitterfeld, Lautawerk (Lausitz), Töging am Inn, Gravenbroich (Niederrhein), Schwandorf (Oberpfalz), Lünen (Westfalen), Badisch-Rheinfelden, Salzburg, Steeg und Lend (beide in der Ostmark).

In Berlin ist der Hauptsitz der Aluminium-Zentrale¹), einer Organisation zur kostenlosen Beratung aller Aluminium-Interessenten und zur Förderung der Aluminiumverwendung, der technischen Neuentwickelungen sowie zur Aluminium-Gemeinschaftswerbung. Die Aluminiumzentrale hat eine ständige Ausstellung und Aluminium-Schau und einen Aluminium-Lehrdienst eingerichtet. Im Verlage der A. Z. erscheinen die Zeitschrift "Aluminium", das "Aluminium-Taschenbuch" und eine große Anzahl Sonderveröffentlichungen.

¹⁾ Aluminium-Zentrale G. m. b. H. Berlin W 50, Budapester Str. 53.

b) Grundlagen der Aluminium-Gewinnung.

In reiner Form (gediegen) kommt Aluminium auf der Erde nicht vor, da seine Neigung, sich mit anderen chemischen Grundstoffen zu verbinden, sehr groß ist. Besonders leicht verbindet es sich mit Sauerstoff (Oxydation), und zwar so rasch und unter Abgabe so großer Wärmemengen, daß z. B. ein Gemisch von Aluminiumpulver mit einem sauerstoffgebenden Mittel (Metalloxyd) zur Erzeugung großer Hitze verwendet wird. Darauf beruht die Thermit- oder aluminothermische Schweißung.

Pulverisiertes Aluminium und pulverisiertes Eisenoxyd (Hammerschlag), etwa im Verhältnis 1:3 gemischt, bilden eine Mischung, die nach Dr. Goldschmidt Thermit genannt wird. Es genügt, dieses Gemisch an einer Stelle durch ein besonderes Entzündungsgemisch aus Bariumsuperoxyd und Aluminium auf seine Entzündungstemperatur zu bringen, damit sich die Entzündung über die ganze Masse fortpflanzt. Dabei entsteht flüssiges schmiedbares Eisen und flüssige Schlacke. Die Temperatur steigt auf etwa 3000°.

Die Verflüssigung des Eisens erfolgt gewöhnlich in Tiegeln, die ihren Inhalt entweder durch Kippen oder durch Ausfließenlassen aus einer Öffnung im Boden entleeren. Die Tiegel sind aus feuerfesten Stoffen hergestellt. Das Thermitverfahren wird in erster Linie zum Zusammenschweißen großer Eisenstücke (Eisenbahnschienen, Rohre und Wellen, Maschinenteile usw.) angewendet.

Da man die bei der Verbrennung von Aluminium frei werdende Wärmemenge aber auch zuführen muß, wenn man die Verbindung Aluminium-Sauerstoff trennen will, so ist die Ge-

winnung von Aluminium schwierig und kostspielig.

Bauxite, die heute am meisten verwendeten Ausgangsstoffe für die Aluminiumdarstellung, bestehen hauptsächlich aus Tonerdehydraten. Die Tonerde (Al₂O₃) ist das eigentliche Aluminiumerz, das aus den genannten Ausgangsstoffen gewonnen wird. Die für die Tonerdegewinnung verwendeten Mineralien enthalten 55 bis 65% Tonerde, 12 bis 30% Wasser, bis 28%

Eisenoxyd (Fe₂O₃) und bis 4% Kieselsäure (SiO₂).

Bauxit, das seinen Namen von der ersten Fundstelle, einem Orte Les Baux in Frankreich, erhalten hat, findet sich außer in Südfrankreich in Ungarn, Dalmatien, Istrien, Rußland, Britisch Indien, U. S. A. und Guyana. In jüngster Zeit ist es gelungen, deutschen Ton für die Tonerdegewinnung nutzbar zu machen; die Anwendung der erfolgreich durchgeführten Versuche ist von der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens abhängig. Man kann aber heute schon annehmen, daß in wenigen Jahren

ein großer Teil der deutschen Aluminiumgewinnung auf der

Grundlage von Ton erfolgen wird.

Der Rohstoff muß zunächst von den verschiedenen Beimengungen befreit werden, da man zur Gewinnung des Aluminiummetalls nur ganz reine Tonerde verwenden kann. Die Darstellung des Aluminiums erfolgt in drei verschiedenen Arbeitsgängen:

1. Gewinnung der reinen Tonerde aus dem Rohstoff,

2. Reduktion der Tonerde zu Rohaluminium,

3. Umschmelzen des Rohaluminiums zu Reinaluminium.

c) Gewinnung der Tonerde.

Den Vorgang der Tonerdegewinnung nach dem bei uns heute am meisten angewendeten Bayer-Verfahren zeigt Abb. 9 schematisch.

Der Bauxit mit etwa 60% Tonerde und 25% Eisenoxyd, der bergmännisch gewonnen wird, kommt in Stücken von etwa Kopfgröße zum Werk. Zunächst wird er in einem Steinbrecher vorgebrochen, um ihn für die nachfolgende Trocknung (Kalzination) vorzubereiten. Diese Trocknung geht in einem Drehrohrofen vor sich, wie er ähnlich bei der Kalkherstellung verwendet wird. Dadurch wird folgendes erreicht:

1. Dem Bauxit wird ein Teil des Wassers entzogen,

 der Bauxit läßt sich danach feiner mahlen als im rohen Zustande,

 die im Bauxit fast stets vorhandene organische Substanz wird entfernt, die andernfalls die Abscheidung des Tonerdehydrats erschweren würde.

Der geglühte Bauxit wird nun mittels Transportschnecke und Elevator zur Kugelmühle befördert, von wo er in einen Vorratsraum (Silo) gelangt, dem er nach Bedarf entnommen wird.

Die genau berechnete und auf einer Dezimalwaage abgewogene Menge Bauxit wird in einem Mischgefäß mit der aus dem Betrieb zurückkehrenden, auf 46° Bé¹) konz. Aufschlußlauge (Natronlauge) durcheinandergerührt und dann in den tieferstehenden Autoklaven hinabgelassen, in dem der entstandene Brei bei bestimmter Temperatur unter Druck gekocht wird, wodurch der Aufschluß erfolgt.

¹⁾ Be (von Baumé). In der Technik wird die Konzentration von Säuren nicht in Prozenten, sondern in Dichtezahlen angegeben, die unmittelbar von den Senkwaagen abgelesen werden. Dabei benutzt man die alten Dichtebezeichnungen nach Baumé. Z. B. entspricht 78 % tige Schwefelsäure 60° Bé.

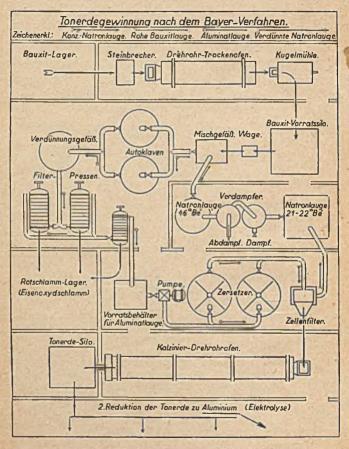


Abb. 9.



Dieses technische Nachschlagewerk, das bereits vielen unentbehrlicher Ratgeber geworden ist, steht auch Ihnen zur Verfügung. Schreiben Sie uns unter Bezugnahme auf diese Veröffentlichung. Die Zusendung erfolgt für Sie kostenlos.

DÜRENER METALLWERKE A.G.

Hauptverwaltung Berlin-Borsigwalde

Die Abnahme

von technischen Erzeugnissen, Werkstoffprüfungen und -untersuchungen behandelt ausführlich der monatlich erscheinende Sonderteil **Die Abnahme** in der Fachzeitschrift

Anzeiger für Maschinenwesen Essen

Mitarbeiter an dieser Beilage sind leitende Persönlichkeiten aus Betrieben der Großindustrie, der öffentlichen Hand, aus Forschung und Praxis.

Der Anzeiger für Maschinenwesen erscheint wöchentlich zweimal, monatlich einmal mit der Sonderbeilage Die Abnahme und monatlich einmal als erweitertes Fachheft für zeitgemäße Fragen der Technik und des Wirtschaftslebens in Kupfertiefdruck.

Bezugspreis RM. 2.25 je Vierteljahr (bei Postzustellung zuzüglich 36 Rpf. Postbestellgeld).

Probehefte kostenlos vom Verlag

Anzeiger für Maschinenwesen Essen

Die anfallende Natriumaluminatlauge wird unter dem Druck von 5-6 m Wassersäule (0,5 bis 0,6 Atm) ohne Zwischenschaltung einer Pumpe in zwei hintereinander angeordneten Filterpressen-Gruppen von dem unlöslichen Rückstand, dem eisenhaltigen Rotschlamm, getrennt und geklärt.

Die der zweiten Filterpresse klar entströmende Aluminatlauge fließt zu einem Sammelgefäß, aus dem sie durch eine Schleuderpumpe in die Zersetzungsbehälter (Ausrührer) befördert wird. In diesen Behältern wird die Aluminatlauge unter der Einwirkung suspendierten Tonerdehydrats und unter starkem Rühren in Tonerdehydrat und freies atznatron zerlegt.

Der Konzentration der zur Zersetzung gelangenden Lauge sind verhältnismäßig enge Grenzen gesetzt. Eine Konzentration

von 24-25° Be gilt als Bestwert.

Durch das Ausrühren werden 60% der Tonerde ausgeschieden, während nur 40% in Lösung bleiben. Das Tonerdehydrat wird heute in Zellenfiltern, die ununterbrochen arbeiten, von der Lauge getrennt.

Das ausgewaschene Tonerdehydrat ist blendend weiß und

enthält nur etwa 0,02% SiO2 (Kieselsäure).

Die Trocknung (Kalzination) des so erhaltenen Tonerdehydrats erfolgt in 70 m langen Drehrohröfen, in denen sich die Tonerde im Gegenstrom zu den Heizgasen von oben nach unten bewegt. Dabei müssen wenigstens 1200—1300° C erreicht werden, weil sonst die Tonerde nicht "totgebrannt" ist. Sie nimmt sonst beim Lagern an der Luft wieder Wasser auf wird so unbrauchbar für die Aluminiumelektrolyse. An die Drehrohröfen wird zweckmäßig eine elektrische Entstaubung angeschlossen, wobei bei einem Durchsatz von 90 t/24 h etwa 10 t trockener Staub abgeschieden werden können und der trockene Staub für die weitere Erzeugung nutzbar gemacht wird.

Die zersetzende Aluminatlauge hat, nachdem sie in den Zellenfiltern oder Filterpressen von dem in ihr suspendierten Tonerdehydrat befreit worden ist, eine Konzentration von 21—22° Be und soll nun wieder auf 46° Bé gebracht werden, um zum Aufschließen neuer Bauxitmengen zu dienen. Diese Konzentration der Aluminatlauge geschieht in einer Mehr-

körper verdampfanlage.

Außer dem vorstehend geschilderten nach seinem Erfinder als Bayer-Verfahren bezeichneten Vorgange zur Gewinnung der Tonerde gibt es noch andere, von denen das Löwigh-Verfahren das bekannteste ist. Hierbei wird der nach Trocknung in einer Kugelmühle fein vermahlene Bauxit mit gemahlenem Kalk und Soda gemischt in einem Drehrohrofen auf etwa 1100° erhitzt. Dabei wird das im Bauxit enthaltene Aluminium in wasserlösliches Natrium-Aluminat über-

geführt. Das Erzeugnis, eine Bauxit-Kalk-Soda-Schmelzerstarrt zu Stücken und heißt Schmelzklinker. Dieses Schmelzerzeugnis wird nach Mahlen in einer Kugelmühle in einem Lösegefäß unter ständigem Rühren mit heißem Wasser ausgelaugt. Die dadurch entstandene sogenannte Rotlauge wird in Filterpressen in reine Natrium-Aluminatlauge und Rotschlamm getrennt. Aus der Aluminatlauge wird wasserhaltige Tonerde mit Kohlensäure ausgefällt. Durch Filtrieren wird schließlich Tonerdehydrat und Sodalauge getrennt. Die Lauge wird wieder in Soda übergeführt, während das Tonerdehydrat einem Kalzinier-Drehrohrofen zugeleitet und bei 1250° zu reiner Tonerde gebrannt wird.

Der Tonerdegewinnung aus deutschem Ton ist in dem sogenannten ST-Verfahren¹) jetzt ein Erfolg beschieden. Die erste Großanlage ist Mitte 1939 im Lautawerk in Betrieb genommen worden. Ton wird mit schwefliger Säure aufgeschlossen, es entsetht ein Aluminiumsulfat, das in Tonerde und schweflige Säure gespalten wird. Die letztere geht wieder in den Kreislauf zurück, während die Tonerde entweder direkt auf Aluminiumsalze verarbeitet oder nach weiterer Reinigung der Aluminium-Elektro-

lyse zugeleitet wird.

d) Umwandlung der Tonerde in Reinaluminium.

Die Reduktion der Tonerde zu Aluminium geht auf elek-

trolytischem Wege vor sich.

Da die Tonerde sehr schwer schmelzbar ist (über 2000°), wird ihr für die Durchführung der Schmelzelektrolyse ein Flußmittel zugesetzt. Dazu wird meist ein Mineral verwendet, das man in größeren Mengen in Grönland findet und das deshalb den Namen Kryolith (d. h. Eisstein) trägt.

Kryolith, ein farbloses bis schwarz gefärbtes Mineral, ist eine Verbindung von Fluornatrium mit Fluoraluminium (Na₃ Al Fe₅). Es wird heute in Deutschland künstlich hergestellt, braucht also nicht mehr aus Grönland eingeführt zu werden.

Tonerde und Kryolith werden in einem solchen Verhältnis gemischt, daß die Schmelztemperatur etwa 900 bis 950° beträgt. In Abb. 10 ist der Vorgang der Aluminium-Schmelzelektrolyse

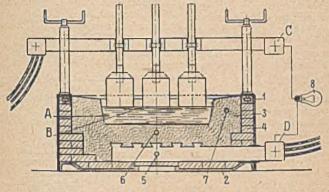
dargestellt.

Die Elektrolysenzelle, wie man das Elektrolysiergefäß auch nennt, ist ein mit Kohle ausgekleideter Kasten. Die Elektroden sind aus praktisch aschefreiem Koks unter Verwendung von hochviskosem Teer als Bindemittel hergestellt. Kathode ist das Elektrolysiergefäß. Die Betriebsspannung beträgt 5 bis 6 V, der Stromverbrauch ist recht hoch. Zur Gewinnung von 1 t

¹⁾ Schwefligsäure-Tonerde-Verfahren.

Aluminium sind 2 t Tonerde erforderlich, zu deren Gewinnung 4 t Bauxit nötig waren. An elektrischem Strom werden etwa 20000 Kilowatt-Stunden gebraucht. Das so gewonnene Rohaluminium wird in Flammöfen oder in elektrisch beheizten öfen zu Reinaluminium umgeschmolzen. Dieses wird in Walzund Drahtbarren. Knüppel, Masseln und gekerbte Blöckchen gegossen.

Das als Hüttenaluminium bezeichnete Reinaluminium



- A Elektrolieslergefäß
- B Anoden C Stromleiter
- D Kathode
- 1 Blechmantel 2 Bodenplätte
- 3 Aufgestamptes Ofenfutter
- 4 Mantel aus Mauerwerk 8 Glühlampen als Spannungsmesser

Abb. 10. Elektrolysenzelle.

wird durch Walzen zu Blech, Bändern oder Folien, durch Strangpressen und Ziehen zu profilierten Stangen, Draht, Rohren u. dergl. weiter verarbeitet. Ein großer Teil des Hüttenanteils wird in Gießereien zu Gußstücken mancher Art vergossen.

Durch das vorbeschriebene Gewinnungsverfahren lassen sich keine höheren Reinheitsgrade als etwa 99,8 bis 99,9% erzielen. Als Verunreinigungen des Aluminiums treten vorwiegend Eisen, Silizium und Titan auf. In den letzten Jahren ist es nun gelungen, durch elektrolytische Raffination ein Reinstaluminium mit einem Reinheitsgrad von 99,99 bis 99,999% Al zu erzeugen. Die Eigenschaften dieses Reinstaluminiums sind in vieler Hinsicht erheblich besser als die des Reinaluminiums bisher normalen Reingehalts.

e) Eigenschaften, Normung und Verwendung des

Das Aluminium ist silberweiß und besitzt eine Reihe von Eigenschaften, die es als Werkstoff für viele Zwecke und in hervorragendem Maße als Austauschstoff für Schwermetalle, Eisen und Stahl geeignet machen. An der Luft überzieht es sich mit einer dünnen Oxydhaut, die ihm hohe chemische Beständigkeit gegen Witterungseinflüsse und die Einwirkung mancherlei chemischer Stoffe verleiht. Aluminium und seine Legierungen sind ungiftig. Die Wichte des Reinaluminiums beträgt 2,7, die des Reinstaluminiums geht sogar herunter bis auf 2,3. Aluminium mit einem Reinheitsgrad von 99,5% schmilzt bei 658°, während 9,996% iges Metall bei 660,2° schmilzt. Der Siedepunkt liegt bei 2270°. Die elektrische Leitfähigkeit

des reinen Metalls beträgt 37,5 bis 38 m/Ohm × mm² es ist daher nach Kupfer der beste Leiter. Seine Wärmeleitfähigkeit liegt zwischen der von Eisen und Kupfer. Tafel 17 zeigt die mechanischen Eigenschaften von Aluminium verschiedenen Reinheitsgrades.

Tafel 17. Festigkeitswerte von Aluminium.

Metallart	Zugfest in kg/ weich	tigkeit mm² walzhart	Streckgrenze in kg/mm² weich walzhart			
Reinaluminium 99,5%	7—9	13—18	3—4	12—17		
Reinstaluminium 99,99%	3,5—6	11—13	1—3	10—12		

Metallart	Dehr in welch		Brinellhärte in kg/mm² welch walzha		
Reinaluminium 99,5%	35—25	73	1524	30—40	
Reinstaluminium 99,99%	55—35	8-3	10—15	15—25	

Reinstaluminium hat eine hohe chemische Beständigkeit. Selbst starke Säuren, z.B. Salzsäure, welche Reinaluminium von 99,5% in kurzer Zeit auflöst, greift das hochprozentige Aluminium nur sehr langsam an. Dieser guten Eigenschaften wegen ist das Reinstaluminium geeignet, als Plattierungsmetall auf hochfesten Aluminiumlegierungen, vor allem in der chemischen Industrie, eine bedeutsame Rolle zu spielen.

Aluminium und seine Legierungen lassen sich gut vergießen schweißen, hart und weich löten, falzen, nieten, spanlos und mit Schneidwerkzeugen bearbeiten. Das durch Kaltverfestigung hart gewordene Aluminium wird durch Glühen bei 350 bis 400° wieder weich. Die Oberfläche von Werkstücken aus Aluminium oder seinen Legierungen können auf chemischem oder elektrischem Wege in vorzüglicher Weise veredelt werden. (M. B. V. und Eloxalverfahren.)

Von besonderer Bedeutung ist die bei manchen Aluminiumlegierungen mögliche Aushärtbarkeit, wodurch sich ausgezeichnete Festigkeitseigenschaften erzielen lassen. (Näheres darüber

unter "Leichtmetallegierungen".)

Reinaluminium ist durch DÍN 1712 genormt. Die Normbezeichnung z. B. für einen Reinheitsgrad von 99% ist Al 99 H DIN 1712. Das H bedeutet Hüttenaluminium, das in Blöcken und Barren vergossen ist. Genormt sind 1712 Blatt 1 3 Sorten Reinaluminium: Al 99,7 H, Al 99,5 H und Al 99 H. Als Beimengungen sind geringe Mengen Silizium, Eisen, Titan, Kupfer und Zink zugelassen. Die Kurzzeichen müssen eingegossen oder eingeschlagen sein.

DIN 1712 (Blatt 2) enthält Angaben über umgeschmolzenes Reinaluminium mit den Kurzzeichen Al 99,5 U; Al 99 U und Al 98/99 U. In 1712 Blatt 3 ist Halbzeug (Bleche, Bänder, Streifen, Rohre, Profile, Preßteile, Drähte) mit den Blättern 1 und 2 entsprechenden Kurzzeichen in 4 Sorten genormt.

Weitere Normen über Aluminium und seine Legierungen

enthalten die DINblätter:

DIN 1713: Aluminium-Legierungen.

DIN 1744: Aluminium-Spritzgußlegierungen.

DIN 1753: Aluminiumbleche.

DIN 1769: Flachaluminium, gezogen. DIN 1770: Flachaluminium, gepreßt.

DIN 1771: Winkelaluminium.

DIN 1788: Aluminiumblech, Aluminiumband, Aluminiumstreifen bis 5 mm Dicke, kaltgewalzt.

DIN 1794: Rohre aus Aluminium; nahtlos gezogen.

DIN 1795: Rohre aus Aluminiumlegierungen; nahtlos gezogen.

DIN 1796: Vierkantstangen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen, gezogen mit scharfen Kanten.

DIN 1797: Sechskantstangen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen, gezogen mit scharfen Kanten. DIN 1798: Rundstangen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen, gezogen.

DIN 1799: Rundstangen aus Aluminium und Aluminiumle-

gierungen, gepreßt.

Das Reinaluminium wird für Folien, Tuben, in der Elektrotechnik, für Apparate, Haushaltsgeräte, Farben, Thermitschweißung, zur Desoxydation und in der Hauptsache (etwa

60%) für Aluminiumlegierungen verwendet.

Da die elektrische Leitfüligkeit des reinen Metalls größer ist als die der Legierungen, verwendet man in der Elektrotechnik nach Möglichkeit Reinaluminium. Bei Freileitungen ist das jedoch wegen der geringeren Festigkeit des reinen Metalls gegenüber Legierungen nicht möglich. Man muß daher Aluminiumlegierungen dafür verwenden.

3. Magnesium.

a) Geschichte, Vorkommen und Gewinnung.

Im Jahre 1722 gelang es dem deutschen Chemiker Hoffmann anläßlich einer Untersuchung des aus Italien als Geheimmittel für Heilzwecke unter dem Namen Magnesia eingeführten Stoffes, das Vorhandensein eines Metalles darin festzustellen. Doch wurde dieses Metall erst am Anfang des 19. Jahrhunderts (1808) von dem englischen Chemiker Davy entdeckt. Der deutsche Physiker Bunsen gab 1852 ein Verfahren der Darstellung von Magnesium auf elektrolytischem Wege an, das später vervollkommnet wurde und die Gewinnung des Metalls im Großen ermöglichte.

Die für die Magnesiumgewinnung wichtigsten Verbindungen sind Magnesiumsalze, Sulfate und Chloride, die sich im Meerwasser und in den durch seine Verdunstung entstandenen Koeh- und Kalisalzlagerstätten finden, und die sogenannten Karbonate Magnesit und Dolomit. Von beiden Gruppen dieser Magnesiumverbindungen finden sich in Deutschland so erhebliche Mengen in solcher Güte, daß mit den zur Zeit angewendeten Verfahren der Magnesiumverbrauch auch bei wei-

terer Steigerung gedeckt werden kann.

Gewonnen wird das Magnesium heute nach einem von der I. G. Farbenindustrie A.-G., Bitterfeld, entwickelten Verfahren aus Magnesit oder aus der Magnesia, die aus Dolomit hergestellt wird. Die Gewinnung geht mittels der Schmelzflußelektrolyse von wasserfreiem Magnesiumchlorid vor sich. Dabei schwimmt das Magnesium wegen seiner geringen Wichte auf dem Elektrolyten und wird oben abgeschöpft.

Neuerdings wird die elektrothermische Reduktion mit Kohlenstoff, Kalziumkarbid oder Ferrosilizium untersucht, doch hat das Verfahren, soweit bekannt, noch zu keinem wirtschaftlichen Erfolg geführt. Die Gewinnung aus dem in den deutschen Salzlagerstätten in großen Mengen vorhandenen Carnallit wird von der Wintershall Aktiengesellschaft. Kassel, erfolgreich

durchgeführt.
Von besonderer Bedeutung ist die Weiterverarbeitung des Rohmagnesiums, denn es haften ihm von der Gewinnung her noch Salzreste an, ferner Spuren von Silizium, Eisen, Aluminium, Mangan und anderen Verunreinigungen. Das Rohmagnesium wird deshalb einem besonderen Reinigungsverfahren unterworfen, das in einem Umschmelzen in gußeisernen Tiegeln und einem Durchwaschen des flüssigen Rohmetalls mit Elrasal, einem besonderen Salzgemisch, besteht. Das Erzeugnis hat einen Reinheitsgrad von 99,7%. Es ist aber auch möglich, für besondere Zwecke Magnesium mit einem höheren Reinheitsgrad herzustellen, das kaum noch Verunreinigungen enthält.

b) Eigenschaften, Verwendung, Normung.

Magnesium ist ein silberweißes, sehr leichtes, an vollkommen trockener Luft unveränderliches Metall. Es läßt sich in Formen gießen, wenn zu dem erhitzten Metall keine Luft treten kann. Man kann es hämmern, ziehen, pressen oder walzen. Seine wichtigsten physikalischen Eigenschaften sind:

Wichte	1,74 g/cm ³	
Schmelzpunkt .		
Siedepunkt		
Zugfestigkeit	25 kg/mm ²	gepreßte Stangen
Bruchdehnung .	8 ₁₀ 10%	Rebience prangen
Zugfestigkeit	13 kg/mm ²	77-1-2110
Bruchdehnung .	\dots δ_{10} 7%	Kokillenguß
Zugfestigkeit	10 leg/mm2	0 1 0
Bruchdehnung .	δ, 5%	Sandguß
Brinellhärte		

An der Luft verbrennt das Magnesium mit blendend weißer Flamme zu weißem pulverförmigem Magnesiumoxyd. Reinmagnesium wird als Baustoff nicht verwendet, sondern lediglich in der Pyrochemie zur Herstellung von Feuerwerkskörpern und in der Photographie für Blitzlichtpulver. Neuerdings wird hochreines Magnesium mit einem Reinheitsgrad von 99,9 % mit Erfolg in der Elektrotechnik für Hochspannungsschienen verwendet.

Wichtiger ist seine Verwendung als Hauptbestandteil von

Magnesiumlegierungen und als Legierungsbestandteil von Aluminiumlegierungen.

Reines Magnesium ist noch nicht genormt.

D. Leichtmetallegierungen

Als Leichtmetallegierungen bezeichnet man heute die praktisch verwendbaren Legierungen mit vorwiegend Aluminium oder Magnesium. Gegenüber den reinen Metallen kommt den Legierungen die größere Bedeutung zu, denn es hat sich gezeigt, daß die Leichtmetalle Aluminium und Magnesium durch Zusatz oft ganz geringer Mengen anderer Metalle vollkommen andersartige Eigenschaften erhalten als das Grundmetall. Den Legierungen haben die Leichtmetalle ihre wachsende Bedeutung als Baustoffe zu verdanken.

Unterschieden werden je nach Art der Verarbeitung Guß-

und Knetlegierungen.

I. Aluminiumlegierungen.

a) Allgemeines und Normung.

Für höhere Beanspruchungen reichen die Festigkeitswerte des Reinaluminiums nicht aus, man fing deshalb schon vor mehreren Jahrzehnten an, dem Aluminium durch Legierung mit anderen Metallen höhere Festigkeitseigenschaften zu geben. So sind Legierungen hergestellt worden, deren Festigkeitseigenschaften denen von gutem Stahl entsprechen, die dabei aber gleichzeitig besonderen Ansprüchen an die Korrosionsbeständigkeit oder die elektrische Leitfähigkeit gerecht werden. Die Wirkung der meisten Legierungsbestandteile beruht entweder auf der Bildung von Mischkristallen oder auf einem Ausscheidungsvorgang, der durch Abschrecken von hohen Temperaturen und anschließendes Lagern bei Raumtemperatur (Selbstaushärtung) oder erhöhten Temperaturen (Warmaushärtung) hervorgerufen wird. Diesen Vorgang entdeckte der deutsche Chemiker Alfred Wilm im Jahre 1907 und schuf damit die Grundlage zur Herstellung besonders hochwertiger Aluminiumlegierungen.

Als Legierungszusätze zum Aluminium verwendet man in erster Linie Kupfer, Silizium, Magnesium und Zink. Kupfer macht das Aluminium härter, Magnesium steigert die Festigkeit und erleichtert das Zerspanen. Silizium erhöht die Korrosionsbeständigkeit, die chemische Widerstandsfähigkeit und die Warmfestigkeit. Zink verbessert die Schnittbearbeit-

barkeit und erhöht die Streckgrenze, doch setzt es die Warm-

festigkeit herab.

Außer den vorgenannten Metallen kommen als Legierungsbestandteile, allerdings weniger oft, in Frage: Nickel, Mangan, Titan, Eisen, Chrom und Kobalt. In seltenen Fällen auch Zinn, Kadmium, Antimon oder Wismut. Nickel erhöht die Warmfestigkeit, Mangan, Titan und Antimon erhöhen die Beständigkeit gegen Seewasser; Titan, Chrom, Eisen, Kadmium und Wismut werden hauptsächlich den Aluminium-Automatenlegierungen zugesetzt, um die Bearbeitbarkeit an Drehautomaten durch entsprechende Spanbildung zu beeinflussen.

Die Aluminiumlegierungen sind in DIN 1713 genormt. Danach werden sie in mehrere Gattungen eingeteilt. Man unterscheidet nach den ausschlaggebenden Legierungsbestandteilen:

kupferhaltige Legierungen, magnesiumhaltige Legierungen, siliziumhaltige Legierungen, manganhaltige Legierungen.

Es gibt nur wenige Zweistoff-, sondern vorwiegend Dreistoff-Legierungen. Die Gattungen sind für Knetlegierungen und Gußlegierungen getrennt und zwar enthält das Normblatt 1713 je 8 Arten Knet- und Gußlegierungen. Das DINblatt enthält eine Übersicht über die marktgängigen Legierungen, geordnet nach Legierungsgattungen, kennzeichnenden Eigenschaften, ungefährer Zusammensetzung, Lieferungszustand, Zugfestigkeit, Bruchdehmung und Brinellhärte, ferner Richtlinien für die Verwendung. Benannt werden die Legierungen z.B.

"Aluminium-Knetlegierungen, Gattung Al-Cu-Mg".

Die Kurzzeichen bestehen also aus den chemischen Zeichen der entscheidenden Legierungsbestandteile, sie stehen im allgemeinen in der Reihenfolge der Menge ihrer Anteile. (Tafeln 18 und 19.)

Für die Bezeichnung bei Bestellungen enthält das

DINblatt 1713 folgendes Beispiel:

Blech von 0,5 mm Dicke, 1000 mm Breite und 2000 mm Länge aus Aluminium-Knetlegierung der Gattung Al-Cu-Mg mit einer Mindestzugfestigkeit von 26 kg/mm², ausgehärtet:

Blech $0.5 \times 1000 \times 2000$ Al-Cu-Mg F 46 ausgehärtet.

Die Zahl der mit besonderen Namen gekennzeichneten Aluminiumlegierungen ist sehr groß, die meisten dieser Legierungen entsprechen jedoch den in DIN 1713 festgelegten Gattungen. Immerhin gibt es daneben noch eine beachtliche Anzahl anderer, teilweise mit Zusätzen von Titan, Lithium und anderen Me-

Tafel 18. Aluminium-Knetlegierungen nach DIN 1713.

Gattung (Kurz- zeichen)	Zusammensetzung	Kennzeichnende Eigenschaften	Wichte	Richtlinien für die Verwendung
Al-Cu-Mg	Kupfer- und geringer Magnesium- gehalt.	Aushärtbarkeit, hohe Festigkeit.	2,8	Mechanisch sehr hoch bean- spruchte Telle,
Al-Cu-Ni	Kupfer- und Nickel- und geringer Magnesiumgehalt.	Aushärtbarkeit, Warmfestigkeit.	2,8	Vorzugsweise hochbeanspruchte, warmfeste Schmiedestücke.
Al-Cu	Kupfergehalt ohne Magnesium.	Aushärtbarkeit, hohe Festigkeit.	2,8	Mechanisch hochbeanspruchte Teile,
Al-Mg-Si	Geringer Magnesium- u. Silizium- gehalt ohne Kupfer.	Aushärtbarkeit, mittlere Festig- keit bei guter Verformbarkeit, Polierbarkeit und Korrosions- beständigkeit.	2,75	Teile von guter mechanischer und chemischer Widerstandskähig- keit.
Al-Mg	Hoher Magnesiumgehalt.	Hohe Festigkeit, sehr gute ehe- mische Beständigkeit, gegen Seewasser und schwach alka- lische Lösungen beständiger als Reinaluminium und andere Alu- miniumlegierungen; gute Po- lierbarkeit.	2,6 bis 2,7	Mechanisch hochbennspruchte Telle von hoher Seewässerbe- ständigkeit; höherer Magnesi- umgehalt bedingt höhere Fe- stigkeit.
Al-Mg-Mn	Mittlerer Magnesium- und geringer Mangangehalt.	Festigkeit höher als beim Rein- aluminium, chemische und See- wasserbeständigkeit wie bei Gattung Al-Mg.	2,7	An Stelle von Reinaluminium, wenn höherer Verformungswi- derstand und hohe chemische Bestländigkeit erwänscht sind.
Al-Si	Hoher Siliziumgehalt,	Höhere Festigkeit als Reinalumi- nium, gute Korrosions- und che- nische Beständigkeit.	2,7	An Stelle von Reinaluminium, wenn höherer Verformungs- widerstand erwünscht ist.
Al-Mn	Geringer Mangangchalt.	Höhere Festigkeit als Reinalumi- nium, gute Korrosionsbestän- digkeit.	2,75	An Stelle von Reinaluminium, wenn höherer Verformungs- widerstand erwünscht ist.

Tafel 19. Aluminium-Gußlegierungen nach DIN 1713.

Gattung (Kurz- zeichen)	Zusammensetzung	Kennzeichnende Eigenschaften	Wichte	Richtlinien für die Verwendung
G Al-Ou	Kupfergehalt	Höhere Festigkeit als Reinalu- minium, gut gießbar u. wärme- beständig.	2,85 bis 2,9	Gußstücke mit guter Wärme- beständigkeit.
G Al-Zn-Cu	Zink- und Kupfergehalt	Höhere Festigkeit als Reinalumi- nium, gut gießbar.	2,9 bis 2,95	Gußstücke aller Art, auch für wechselnde Belastung; Motor- wägenteile.
G Al-Cu-NI	Kupfer- und Nickel- und ge- ringer Magnesiumgehalt.	Aushärtbarkeit, Warmfestigkeit.	2,75	Vorzugsweise hochbeanspruchte warmfeste Gußteile.
G Al-81	Hoher Siliziumgehalt ohne Zusatz.	Ausgezeichnete Gußeigenschaf- ten, gute chemische Bestän- digkeit.	2,65	Verwickelte stoßfeste Gußstücke.
G Al-Si-Cu	Hoher Silizium- und geringer Kupfergehalt.	Ausgezeichnete Gießeigen- schaften.	2,05	Verwickelte schwingungsfesteGuB- stücke.
G Al-Si-Mg	Hoher Sillzium- und geringer Magnesiumgehalt.	Ausgezeichnete Gießeigenschaften, Aushärtbarkeit, gute chemische Beständigkeit.	2,65	Verwickelte schwingungsfesteGußstücke.
G Al-Mg (a)			1	Telle mittlerer bis hoher Festigkeit.
G Al-Mg (b)	Hoher Magnesiumgehalt.	Gute Seewasserbeständigkeit, be- schränkte Beständigkeit gegen	2,6	Stoßbeanspruchte Teile (gute Fe-
G Al-Mg (c)		Alkallen, Polierbarkeit.		stigkeit und Dehnung) Flüssigkeitsdichte Teile (gute Fe- stigkeit und Gießbarkeit)
G Al-Mg-Sl	Mittlerer Silizium- und ge- ringer Magnesiumgehalt.	Gut gleßbar, aushärtbar, polier- bar, gute chemische Bestän- digkeit.	2,7	Verwickelte hochbeanspruchte Gußstücke.

Tafel 20. Verschiedene Aluminium-Knetlegierungen.

Gattung	Name der Legierung	Zustand	Streekgrenze 0,2°/ ₀ kg/mm²		Dehnung %	Brinellhärte kg/mm²
Al—Cu—Mg	Bondur Duralumin DM 31 Silal HL 35	vergütet u.nachgerichtet veredelt¹) vergütet	30—34 36—44 35—40	42—48 44—54 48—52	15—10 10—15 15—10	115—140 115—140 120—150
Al—Cu—Ni	Duralumin-W Y-Legierung	veredelt¹) geschmiedet u. aus- gehärtet	22—25 22—25	35—42 88—42	18—10 20—16	100—130 100—120
Al—Cu	Lautal F & G 3 F & G 3	vergütet,nachverdichtet vergütet u nach- gerichtet weich	30—40 30—40	42—50 42—50 16—22	10—2 10—2 25—15	120—140 120—140 50—60
Al—Mg—Si	Aldrey Duralumin-K Pantal	Draht, ausgeh. u. nachverdicht. warm veredelt ¹) vergütet u.nachgericht.	27—31 18—25 32—36	30—35 28—35 35—42	9—5 20—10 10—2	70—80 70—100 100—120

Al—Mg	BS-Seewasser 63/07H½	halbhart	20—25	35—40	15—8	90—100
	Hydronalium Hy 9	halbhart	26—30	39—45	15—10	95—105
	Peraluman 7	hart	32—36	40—45	10—4	110—130
Al—Mg—Mn	Duranalium 2 S	hart	20—26	24—32	8—3	65—75
	Peraluman 2	hart	33—40	36—42	5—2	85—105
Al—Si	Silumin	hart	15—20	18—25	52	60—80
AlMn	Aluman	hart	18—22	19—23	6—3	50—60
	Mangal	hart	15—20	18—25	5—2	45—60
	Wicromal	hart	17—20	18—25	5—2	50—60

^{1) &}quot;Veredelt" entspricht dem Normbegriff "ausgehärtet und gegebenenfalls nachgerichtet". Durch das Nachrichten steigen Streckgrenze und Zugfestigkeit, während die Bruchdehnung gegenüber dem ausgehärteten Zustand sinkt.

Tafel 21. Verschiedene Aluminium-Gußlegierungen.

Gattung	Name der Legierung	Zustand	Streekgrenze 0,2% kg/mm²	Zugfestigkeit kg/mm²	Dehnung %	Brinellhärte kg/mm²
G Al-Cu	Amerikanische Legierung Neonalium	Sandguß Kokillenguß	6—10 15—22	12—16 18—24	3—5 0,2—0,5	50—70 90—120
G Al-Zn-Cu	Deutsche Legierung	Sandguß	6,5—7,5	12—18	2—5	~ 60
G Al-Cu-Ni	Legierung Y Hiduminium RR 50 Hiduminium RR 58	Kokg. vergütet Sandg. vergütet Sandg. vergütet	20—23 15—18 23—28	24—30 18—20 25—30	0,5—1,0 1—3 0,5	95—105 70—75 125—140
G Al-Si	Silumin	Kokillenguß veredelt	12—13	23—25	3—5	70—75
G Al-Si-Cu	Kupfer-Silumin	Kokillenguß	13—14	23—25	2—3	75—85

G Al-Sí-Mg	Silumin-Gamma	Kokillenguß Spritzguß	15—22 —	25—28 30—37	1—8 1—1,5	80—95 110—130
G Al-Mg	Hydronalium Hy 71 BS-Seewasser Nüral Titan-SondSeewasser: Tss 3 Tss 5 Tss 8	Kokillenguß Kokillenguß Kokillenguß Kokillenguß	9,8 14	22—26 24—30 20—22 24—32 21—25 24—28	5—8 10—14 ~1,5 6—15 5—17 6—11	70—80 90 70—95 80—90 55—65 75—85
G Al-Mg-Si	Anticorodal Pantal 5 Polital	S U¹) S A S B K B Kkg. warm vergütet	10—13 15—18 22—29 24—29 16—23	14—18 17—25 23—30 25—30 20—28	1—8 2—4 1,0—1,5 1—2 1—5	60—70 70—80 85—100 90—105 90—100

 $^{^{\}mbox{\tiny 1}})$ S = Sandguß, K = Kokillenguß, U = unvergütet, A = halbhart vergütet, B = maximalhart vergütet.

tallen. Die Tafeln 15 und 16 enthalten eine Anzahl Legierungsnamen und Angaben über Festigkeitswerte. Mit Rücksicht auf den Umfang dieses Buches konnten nur einige der zahlreichen in Deutschland hergestellten Legierungen aufgeführt werden, eine Bewertung nach der Güte sollte damit nicht erfolgen. Außer den in den Tafeln 20 und 21 angegebenen Aluminium-Knetlegierungen nennt das "Aluminium-Taschenbuch" (8. Auflage 1939) noch folgende:

Gattung	Namen
Al-Cu-Mg	Albondur, Alkumag, Aludur, Avional, Bergal Bondurplat (plattiert), Deltumin, Duralplat (plattiert) F. & G. 1, Finodur, Hathal A, Hed- dur, Igedur, ML 1, MWU 1, Rheindur, Ul- minium.
Al-Cu	Allautal (plattiert), Qualität 55
Al-Mg-Si	Aludur, Anticorodal, Bergal, Deltal, Erges 4, F & G 4, Finodal, Hathal C, Howal, Legal, ML 4, MWU 4, Polital, Qualität M, RS-Legierung, Silal V, Simagal 200, Ulmal.
Al-Mg	Duranalium, F & G 5, Finomalium, Hathal B, Heddenal, ML 5, MWU 5.
Al-Mg-Mn	Heddenal 2, KS-Seewasser, MWU 6.
Al-Mn	Donal, F & G 8, Finomal, Heddal, Ho 3, M 115, ML 8, MN 20, MWU 8, Osmagal, Silal K.

Die ungefähre Zusammensetzung und die Kennfarben der genormten Aluminiumlegierungen (DIN 1713) zeigt Tafel 22. Mit den unter den Kurzzeichen angegebenen Kennfarben sollten alle auf Lager genommenen Bleche, Bänder, Profile, Stangen und Rohre, entsprechend der Legierung, deutlich gekennzeichnet werden, um Materialverwechslungen zu vermeiden. Es empfiehlt sich, auch den bei der Verarbeitung anfallenden Schrott nach Legierungen zu trennen, da er dann unter günstigeren Bedingungen abzusetzen ist. Die Lagerräume müssen trocken sein, jede Berührung des Materials mit feuchtem Fußboden muß vermieden werden. Es ist zu empfehlen, das Leichtmetall-Halb-

zeug vor dem Lagern mit völlig neutralen Ölen einzufetten (Vaselinöl, Knochenöl).

Tafel 22.

Knetlegierungen.

Tenestegier angom				
Kurzzeichen und Kennfarbe	Ungeführe Zu- sammensetzung in vH			
Al-Cu-Mg (a) dunkelrot	3,5—5,5 Cu 0,2—2 Mg 0,2—1,5 Si 0,1—1,5 Mn Rest Al			
Al-Cu-NI (a) helirot (orange)	3,8-4,2 Cu 1,8-2,2 NI 1,3-1,6 Mg Rest Al			
Al-Cu (a) schwarz	4,5—6 Cu 0,4—0,6 Mn 0,2—0,5 SI Rest Al			
Al-Mg-Si (a) weiß	0,3—2 Mg 0,3—1,5 Si 0—1,5 Mn Rest Al			
Al-Mg 3, 5, 7, 0 griin	2,5—10 Mg 0—1,5 Mn 0—1,2 Zn Rest Al			
Al-Mg-Mn gelb	2-2,5 Mg 1-2 Mn 0-0,2 Sb Rest Al			
Al-Si braun	12—13,5 SI Rest Al			
Al-Mn violett	1—2 Mn Rest Al			

Gußlegierungen.

O dibrogrer dingen.				
Kurzzeichen und Kennfarbe	Ungefähre Zu- sammensetzung in vH			
GAl-Cu schwarz	7—9 Cu Rest Al			
GAl-Zn-Cu blau	8—12 Zn 2—5 Cu Rest Al			
GAl-Cu-Ni (a) hellrot (orange)	4 Cu 2 Ni 1,5 Mg Rest Al			
GAl-Si braun	11—13,5 Sl Rest Al			
GAl-Si-Cu braun-blau	11—13,5 SI 0,7—0,9 Cu 0,2—0,4 Mn Rest Al			
GAl-Si-Mg (a) braun-violett	11—13,5 Si 0,4—0,6 Mn 0,1—0,5 Mg Rest Al			
GAl-Mg a, b, c grün (tellweise aushärtbar)	1—10 Mg 0—1,5 Mn 0—1 Sb 0—0,3 Ti 0—1,5 Si Rest Al			
GAl-Mg-Si (a) weiß	0,3-2 Mg 2-5 Si 0-1,5 Mn 0-1 Sb 0-0,3 Ti Rest Al			

b) Kolbenlegierungen.

Von den für Kolben der Verbrennungsmotoren verwendeten Leichtmetallegierungen wird gefordert: Ausreichende Festigkeit zur Übertragung der Beanspruchungen, gute Lauffähigkeit, genügende Härte und Verschleißfestigkeit, hohe Warmfestigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit, geringe Wärmedehnung zwecks Dichthaltens bei verschiedener Wärmebelastung und Leichtigkeit zur Verringerung der hin- und hergehenden Massen.

Die Leichtmetalle erfüllen alle diese Forderungen in voll-

Tafel 23. Kolbenlegierungen.

Be- zeichnung	Cu		nensetzung t Alumini Fe		Zug- festigkeit kg/mm²	Dehnung %	Brinell- härte kg/mm²	Wichte	
Alusil	1—2	20—21	<7			17—19	0,5	90110	2,65
EC 124	1	13		1	1 Ni	~25	0,5	100—130	2,71
G 97	12		0,8	0,25	1,4 Mn	17-20	0,40,6	120—140	3,00
KS 245	4,5	14		0,7	0,8 Mn 1,5 Ni	19—21	0,2-0,3	115—135	2,73
KS 280	1,5	21—22	_	0,5	0,7 Mn 1,5 Ni	17—19	0,2	120—140	2,7
KS 1275	1,5	13	- L	1	1 Ni	21—24	0,5	90110	2,68
Nelson-Bo- nalite	9—11	0,2	-	0,3		18—20	0,20,4	105—120	2,91
Nüral 122	9,5—10,2	-	0,8-1,5	0,15-0,35	1	18—26	0,3—1,5	70—90	3,0
Nüral 132	0,8—2	12,5—14,2	0,5	0,8—1	0,8—2,4 Ni	20-26	0,5—1,2	_	2,72
Nüral 142 (Y-Legie- rung)	44,5	_		1,3—1,8	1,8—2,8 Ni	16—31	1—6	70—110	2,8

kommener Weise. Sie haben gute Laufeigenschaften, sehr hohe Warmeleitfähigkeit, ausreichenden bis sehr guten Abnutzungswiderstand, geringes Gewicht, leichte Ver- und Bearbeitbarkeit. Meist ausreichende Korrosionsfestigkeit. Nachteilig ist ihre mäßige Festigkeit und Härte, besonders bei höheren Temperaturen und ihre größere Wärmedehnung. Tafel 23 enthält einige Angaben über Kolbenlegierungen. Die Festigkeit dieser Legierungen ist hei 200° noch so hoch wie bei Raumtemperatur und sinkt bei 300° erst um ein Drittel.

Außer den in Tafel 23 genannten gibt es noch zahlreiche andere Kolbenlegierungen, die teilweise Titan enthalten. Die Festigkeitswerte beziehen sich auf Kokillenguß. Die höheren Zahlen gelten für den ausgehärteten Zustand. Für Kolben von Verbrennungsmotoren werden meist Aluminiumlegierungen verwendet; solche auf Magnesium-Grundlage sind wegen zu ge-

ringer Härte wieder verlassen.

Bei der Konstruktion sind die Querschnitte in erster Linie durch Wärmefluß bestimmt, die dabei erhaltenen Abmessungen genügen meist den Anforderungen an die Festigkeit. Manche Kolben erhalten Einlagen aus Invarstahl (siehe Teil I, Seite 168), dessen sehr geringe Wärmedehnung die hohe Ausdehnung der Legierung weitgehend ausgleicht.

e) Automatenlegierungen.

Bei der spanenden Bearbeitung von Aluminium-Knetlegierungen ergeben sich verhältnismäßig lange, lockenförmige und zähe Späne, die eine Verarbeitung auf Automaten sehr erschweren. Es besteht daher ein Bedürfnis für kurzspanende Legierungen, die sich wie z. B. Messing — möglichst mit denselben Werkzeugen — verarbeiten lassen. Diesem Bedürfnis entsprechen die in den letzten Jahren entwickelten Leichtmetall-Automatenlegierungen.

Kurze, spritzende Späne, erreicht man durch Einlagerungen, die im Gefüge fein verteilt sind. Man kann weiche Einlagerungen erhalten durch Zusatz von Blei, Wismut oder Kadmium, harte durch Zusatz von Mangan, Eisen, Chrom, Vanadin, Titan oder Molybdän. Die Zusätze halten sich in den Grenzen von 1 bis 3%. Auf dieser Grundlage sind die Automatenlegierungen auf-

gebaut.

Die Grundlage bildet meist die Gattung Al-Cu-Mg, doch sind einige auch auf der Basis Al-Mg und Al-Mg-Si aufgebaut. Das Aluminium-Taschenbuch, 8. Auflage (1939) zählt 19 verschiedene Legierungen auf und zwar: AM 24, Automat, Automaten-Legierung (zwei verschiedene Hersteller), Bergal BD. DBA, Durmes, F&G, Hartal, Legal BD, MZB, Okadur 58, Optimal, Protal BD, Silal BD, Spanal 320, Tordal, WA 301, WI 301.

Die Festigkeit der ausgehärteten kupferhaltigen Automatenlegierungen bewegt sich zwischen 35 bis 50 kg/mm², die Brinellhärte zwischen 100 bis 150 kg/mm². Die kupferfreien ausgehärteten Legierungen haben Festigkeiten von 28 bis 38/kg/mm² bei einer Brinellhärte von 90 bis 110 kg/mm².

d) Korrosionsbeständigkeit der Al-Legierungen.

Reines, besonders aber das Reinstaluminium ist gut korrosionsfest. Aluminium und seine Legierungen überziehen sich in der Luft mit einer Oxydhaut, die eine Schutzschicht bildet gegen weitere Angriffe von Atmosphärilien. Durch besondere chemische oder elektrochemische Behandlung der Oberfläche kann die natürliche Oxydschicht noch verstärkt werden. Damit erhöht sich nicht nur die Korrosionsbeständigkeit, sondern auch die Widerstandsfähigkeit gegen mechanischen Angriff und die Haftfestigkeit von Anstrichen (vergl. den Abschnitt "Oberflächenbehandlung Seite 124).

Durch besonders hohe Korrosionsbeständigkeit, namentlich gegen Seewasser zeichnen sich die Aluminiumlegierungen der

Gattung Al-Mg aus, genannt seien hier:1)

BS-Seewasser, Duranalium, F. & G 5, Finomalium 2-9, Hathal B, Heddenal 3,5-5-7, Hydronalium, L 15 III, ML 5, MWU 5, Peraluman, Stalanium, Titan-Sonder-Seewasser.

Diese Legierungen vereinigen hohe Korrosionsbeständigkeit mit guter Festigkeit und geringem spezifischen Gewicht. Die Korrosionsbeständigkeit der aushärtbaren Aluminiumlegierungen ist nicht besonders hoch, um sie zu verbessern, kann man sie außer durch besondere Oberflächenbehandlung, ebenso wie andere Metalle mit einer korrosionsfesten Schicht durch Plattierung verbinden.

In diesem Zusammenhange sei auch die Spritz-Aluminierung genannt. Als Austausch für Vernickelung und Verchromung eignet sich vor allem das Hydronalium-Spritzverfahren. Auch härtere Metalle lassen sich auf Aluminium auf-

spritzen.

Bei der Plattierung werden die Schichten durch Warmwalzen bei 400 bis 480° miteinander unter hohem Druck so fest verbunden (verschweißt) daß sie sich selbst bei größter mechanischer Beanspruchung nicht mehr voneinander trennen.

Nicht nur Bleche und Bänder, sondern auch Formstangen, Rohre und Drähte werden plattiert. Besonders wirkungsvoll sind die hochkorrosionsfesten Plattierungen mit den vor-

¹⁾ Nach dem Aluminium-Taschenbuch, 8. Auflage.

erwähnten seewasserbeständigen Legierungen der Gattung Al-Mg. Außerdem werden Verbundstoffe hergestellt, um bestimmte elektrische und chemische Eigenschaften zu erzielen. In allen Fällen verbinden die plattierten Werkstoffe hohe mechanische Festigkeit des Grundwerkstoffes mit den besonderen

Eigenschaften der Plattierung.

Plattierungen werden ein- und zweiseitig ausgeführt. Plattiert wird mit Reinaluminium oder Reinstaluminium (Allautal, Albondur), mit seewasserbeständigen Legierungen (Bondurplat, Dulralpat) und mit Kupfer, Zinn, Zink, Blei, Kadmium und Silber. Eisenblech und Band wird neuerdings doppelseitig mit Aluminium plattiert. Außer diesen Verbundmetallen, werden auch Verbundwerkstoffe anderer Art hergestellt. So ist es gelungen Sperrholz mit Aluminium fest zusammenzukleben. Solche ein- oder zweiseitig mit einer dünnen Aluminiumschicht versehenen Sperrholzplatten sind unter dem Namen Panzerholz im Handel. Aber auch der umgekehrte Fall kommt vor, indem Aluminiumblech mit einem Holzfurnier versehen wird.

Vielfach wird das Holz durch Platten aus Kunstharz (Bakelit, Resopal, Turbonit u. a.) ersetzt. Dabei ergibt sich noch der Vorteil, daß die Belagmasse hart und gegen Wärme

und Feuchtigkeit unempfindlich ist.

Ferner werden Aluminium und seine Legierungen mit Kautschuk, Textilfasern, Kork-, Holz- oder Asbestmehl, Glaswolloder Asbestwollstaub oder sonstigen keramischen Erzeugnissen überzogen. So lassen sich Verbundwerkstoffe schaffen, die mit praktischer Verwendbarkeit schöne ästhetische Wirkung verbinden.

e) Aushärtung von Aluminiumlegierungen.

Unter Aushärtung oder Vergütung von Aluminiumlegierungen versteht man eine bestimmt durchgeführte Warmbehandlung, die zuerst von Wilm am Duralumin festgestellt wurde. Voraussetzung ist dabei eine bestimmte Zusammensetzung der Legierung. Das Verfahren hat erst die Entwicklung von hochfesten Aluminiumlegierungen ermöglicht.

Die Aushärtung besteht in einer Erwärmung auf hohe Temperatur mit anschließender schneller Abkühlung und nachfolgendem Altern bei niedrigerer Temperatur (Aushärtetemperatur). Angaben über Temperaturen bei der Warmbehandlung der

Aluminiumlegierungen enthält Tafel 26.

Man unterscheidet natürlich und künstlich alternde Legierungen, je nachdem, ob das Altern ohne nochmaliges Erwärmen und Abschrecken bei Zimmertemperatur vor sich geht, oder ob eine nochmalige Erhitzung mit nachfolgender schneller Abkühlung zu erfolgen hat. Von größter Wichtigkeit ist bei der Warmbehandlung die strenge Einhaltung der für die jeweilige Legierung von Erzeugerwerk vorgeschriebenen Temperaturen, die Abkühlungsgeschwindigkeit und die Nachbehandlung. Die Aushärtungsbehandlung kann beliebig oft wiederholt werden, ohne daß die Eigenschaften des ausgehärteten Werkstoffes dadurch ungünstig beeinflußt werden.

Welche Aluminium-Knetlegierungen aushärtbar sind, ist aus Tafel 18 in Verbindung mit Tafel 22 ersichtlich. Von den genormten Legierungen sind diejenigen härtbar, die nachstehend

aufgeführte Zusatze enthalten:

Kupfer mit Magnesium und Silizium,

Magnesium mit Silizium, Kupfer mit Silizium,

Kupfer mit Magnesium und Nickel.

Die Glühtemperatur muß bei der Aushärtung möglichst hoch liegen, mindestens bei 480°, die Abkühlung erfolgt unmittelbar aus der Glühtemperatur in kaltem Wasser. Die Glühdauer richtet sich nach der Größe der auszuhärtenden Teile. Geglüht wird meist in einem Salzbad aus einem Gemisch von Kali- und Natronsalpeter. Die Temperatur ist dabei entsprechend der für die betreffende Legierung vorgeschriebenen Höhe streng einzuhalten, sie soll davon nicht um mehr als \pm 10° abweichen.

Die natürliche Alterung beginnt unmittelbar nach dem Abschrecken. Nach mehrtägigem Lagern bei Raumtemperatur steigern sich die Festigkeitswerte und nach etwa 6 bis 8 Tagen

hat das Metall seinen Bestwert erreicht.

Die künstliche Alterung erfolgt nach Erwärmen auf die Alterungstemperatur, die je nach Legierung 125 bis 170° beträgt, und nachfolgendem Abschrecken in kaltem Wasser. Die Alterungstemperatur soll ebenfalls genau eingehalten werden. Angelassen wird je nach Legierung 10 bis 160 Stunden. Verformungsarbeiten sollen im allgemeinen vor der Aushärtung vorgenommen werden.

Verwendung der aushärtbaren Aluminium-Knetlegierungen.

Die Legierungen der Gattung Al-Cu-Mg werden gemäß DIN 1713 für mechanisch sehr hoch beanspruchte Teile verwendet:

a) für tragende Konstruktionen, z, B. weitgespannte Brücken, Fahrzeuge, Flugzeuge, Luftschiffgerippe;

 b) für hin- und herschwingende und umlaufende Teile im Maschinenbau, z. B. Pleuelstangen, Propeller, Riemenscheiben, Spulen, Spindeln, Spinntöpfe; c) im allgemeinen Leichtbau, ferner bei Land- und Seefahrzeugen, Luftschiffen und Flugzeugen, für Tragkonstruktionen, Teile an Drehgestellen, Aufbauten, Transportanlagen, Transportgefäße, Feuerwehrgeräte, Werkzeuge und Vorrichtungen.

Die Legierungen der Gattung Al-Cu-Ni verwendet man vorzugsweise für hochbeanspruchte, warmfeste Schmiedestücke z.B. für Teile von Verbrennungskraftmaschinen, ins-

besondere Kolben.

Die Legierungen der Gattung Al-Mg-Si für Teile, die gute, mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit, bei mittlerer Festigkeit erfordern. Ferner, wenn kupferhaltige Legierungen unzweckmäßig sind, für Konstruktionsteile, bei denen höchste Festigkeit nicht voll ausgenutzt werden kann, z. B. im allgemeinen Leichtbau, im Freileitungsbau für stromführende Teile höherer Festigkeit. Außerdem, wenn gute Polierfähigkeit erwünscht ist, z. B. für Beschläge, Geländer, Treppen, Tür- und Fensterrahmen, Möbel usw.

II. Formgebung der Aluminiumlegierungen.

1. Gießen.

Aluminium-Guß-Legierungen lassen sich in Sand-, Kokillenund Spritzguß vergießen. Leichtmetalle verlangen allerdings eine andere Form- und Gießtechnik wie die Schwermetalle.

Das wichtigste und am meisten angewendete Gießverfahren ist der Aluminium-Sandguß, der für alle Formen und Größen

angewendet wird.

Reinaluminium gestattet seiner schlechten Gießeigenschaften wegen nur die Herstellung ganz einfacher Gußstücke. Die Gußlegierungen haben bessere Gießeigenschaften, sie sind in den Normen entsprechend gekennzeichnet (vergl. Tafel 19).

Auch Aluminiumabfälle werden zu Gußstücken verarbeitet. Da solche Legierungen jedoch meist sehr viele verschiedene Zusätze enthalten, eignen sie sich nur für Gußstücke, die geringeren Beanspruchungen ausgesetzt sind. Es empfiehlt sich daher, die Abfälle nach Legierungen getrennt zu sammeln, damit auch gleiche Gattungen wiederverwendet werden können.

Die Modelle für Aluminiumguß weichen von denen anderer Gußarten nicht wesentlich ab. Sie müssen besonders sauber gearbeitet und so angeordnet sein, daß steigender Guß möglich ist.

Das Schwindemaß ist bei den verschiedenen Legierungen verschieden, ebenso schwanken Schmelzpunkt, Erstarrungsbereich und Gießtemperatur. Angaben darüber enthält Tafel 24.

Metall	Wichte	Schwind- maß	Schmelz- punkt in ° C	Erstarrungs- temperatur in ° C	GleB- temperatur in ° C
Reinaluminium	2,7	1,75	660	660	700-720
Silumin	2,65	1,15	570	- 570	680-720
Amerikanische Legierung Gattung	2,85	1,25	640	640-540	700—760
G Al-Mg-Mn	2,7	1,3	640	640-525	700780
Gattung G Al-Mg	2,65	1,30	620	620-560	700780
Gattung G Al- Mg-Si	2,65	1,20	640	640—580	700

Der Formsand und die Hilfsstoffe für den Formenbau müssen sorgfältig ausgewählt und ständig richtig ergänzt bzw. aufgefrischt werden. Geformt wird von Hand und mit Formmaschinen.

Beim Schmelzen sind nachstehend aufgeführte Eigenschaften der Aluminiumlegierungen zu berücksichtigen:

1. Die Gießtemperaturen liegen zwischen 650 und 780°, sie müssen mit einem Pyrometer sorgfältig gemessen werden.

 Aluminiumschmelzen oxydieren in der Hitze leicht; es muß deshalb dafür gesorgt werden, daß die Oxydationsprodukte nicht in die Form gelangen, da sie Lunkerbildung fördern.

 Ferner neigen die Aluminiumschmelzen zur Gasaufnahme. Da das Gas beim Erstarren Lunkerbildung verursacht, muß vor allem Feuchtigkeit des Ofens und des Brennstoffes vermieden werden, weil sich sonst Wasserstoff

bilden kann, der besonders schädlich ist.

Geschmolzen wird in Öl-, Koks-, Gas- oder elektrischen Öfen. Die meisten Aluminiumlegierungen, mit Ausnahme von Silumin, haben eine sehr geringe Warmfestigkeit und neigen beim Erstarren zu Warmrissen. Um dem entgegen zu wirken, werden die Formkästen schnell entleert und die Kerne ausgestoßen.

Das Putzen der Sandgußteile geschieht nach Beseitigung der Eingüsse und Steiger, die auf einer schnellaufenden Bandsäge entfernt werden, von Hand durch Abmeißeln, Abfeilen oder Abraspeln, Fräsen und Bürsten. In vielen Fällen werden die Gußstücke mit dem Sandstrahlgebläse behandelt.

Als Schalen- oder Kokillenguß bezeichnet man ein Gießverfahren, bei dem die Metallschmelze in eine eiserne Dauerform, Kokille genannt, vergossen wird. Da die Anfertigung einer solchen Form teuer ist, eignet sich der Kokillenguß nur

für die Massenfertigung.

Für Kokillenguß sind alle Aluminiumlegierungen geeignet. Das Gußstück zeichnet sich durch hohe Maßhaltigkeit, Öberflächengüte und Festigkeit aus. Die Formen werden entweder aus einem dichten weichen Grauguß oder aus legierten Stählen hergestellt. Ihre Anfertigung erfolgt am besten durch besonders hierfür eingerichtete Werkstätten. Es ist jeweils bei Lieferung der Kokille ein Probeabguß in der vorgeschriebenen Legierung zu verlangen.

Aluminium-Spritzgußlegierungen sind nach DIN 1744 (Ausgabe März 1940) genormt, man bezeichnet sie z. B. Sp GAl-Cu-Si'). Tafel 25 enthält einige Angaben über die genormten Aluminium-Spritzgußlegierungen.

Zugfestigkeit und Brinellhärte liegen beim Spritzguß durchweg höher als beim Sand- oder Kokillenguß. Die Delmung ist

dagegen meist geringer.

Einige Aluminium-Spritzgußlegierungen lassen sich mit Erfolg aushärten, doch ist dieses Gebiet noch in der Entwicklung begriffen. Das Aushärten besteht beim Spritzguß nur in einem Anlassen auf rd. 150°. Voraufgehendes höheres Erwärmen mit nachfolgendem Abschrecken ist nicht erforderlich. Werkstücke aus Aluminium-Spritzguß sind gegen Angriffe alkalischer und saurer Lösungen infolge ihrer harten und glatten Gußhaut weniger empfindlich wie Aluminiumlegierungen im allgemeinen. Aluminium-Spritzgußteile sind gegen Korrosion umso beständiger, je weniger Verunreinigungen sie enthalten.

Das gilt in besonders hohem Maße für Hydronalium (7% Mg, 0,5% Mn, Rest Al) und ähnlich zusammengesetzte Legierungen. Aluminium-Spritzguß eignet sich besonders für Massenartikel im Stückgewicht von 0,5 bis 3500 g.

Bei der Formgebung von Spritzgußteilen aus Aluminiumlegierungen ist folgendes zu beachten, was im übrigen auch für andere Spritzgußlegierungen gilt, wie bereits beim

Spritzguß aus Zinklegierungen erwähnt wurde:

1. Unterschneidungen sind in Gußstückhohlräumen zu vermeiden. 2. Alle Bohrungen müssen genügend konisch sein (1—2% der Bohrungslänge). 3. Die Aushebeschräge soll mindestens 1% betragen. 4. Plötzliche Übergänge und scharfe Ecken sind zu vermeiden. 5. Gründliches Verrippen mit gleicher Wand-

¹) Seit März 1940 ist für Spritzguß das Kurzzeichen SpG anstatt bisher Sg eingeführt. Bei den älteren Normblättern ist Sg zunächst beibehalten.

Tafel 25: Aluminium-Spritzgußlegierungen nach DIN 1744.

Legierung Kurzzeichen und Kennfarbe	Ungefähre Zu- sammensetzung %	Wichte g/cm³	Zug- festig- keit ¹) kg/mm ²	Bruch- dehnung δ_{10} in %	Brinell- härte H 5/250/30 kg/mm²	Verwendung
SpG Al-Si-Cu braun-rot	4—1 Cu, 3—8 Si, 0,2—0,7 Mn, 0—1,0 Mg. Rest Al	2,8	1521	2,5—1,0	5575	Gußstücke aller Art mit guter Festigkeit.
SpG Al-Si 13 braun	über 10 bis 13,5 Si, 0,2—0,7 Mn, 0—0,5 Mg RestAl	2,7	16—20	3,01,0	60—80	Gußstücke, die besonders züh sein sollen
SpG Al-Si 7 braun-schwarz	6—10 Si, 0,2—0,7 Mn 0—0,5 Mg, Rest Al	2,7	1724	3,0—1,0	55—75	und chemische Beständigkelt haben müssen.
SpG Al-Mg-Si weiß	0,3-2,5 Mg 0,5-5 Si, 0- 1,5 Mn, Rest Al	2,7	16—10	3,01,0	55—75	Durch Korrosion beanspruchte Gußstücke besonderer Art.
SpG Al-Mg 0 grün	über 7—10 Mg, 0—0,6 Si, 0,1— 0,8Mn, Rest Al	2,6	18—25	3,0—1,0	60—80	Gußstücke aller Art, von denen hohe ehe- mische Beständigkeit und Dauerglanz po- llerter Oberflächen gefordert werden; Guß-
SpG Al-Mg 5 griin-braun	4—7 Mg, 0—1,2 Si, 0,1—0,8 Mn, Rest Al	2,0	16-23	3,0-1	55—75	sticke, die im Beizbad behandelt oder ano- disch oxydiert werden sollen.

¹⁾ Richtwerte (ohne Aushärtung). Die Werte sind an gesondert gegossenen Probestäben ermittelt, deshalb kann nicht erwartet werden, daß sie ohne weiteres an allen Stellen eines Gußstückes vorhanden sind.

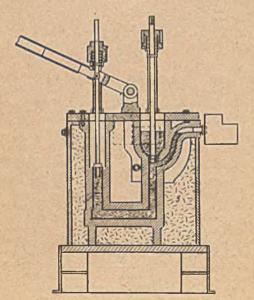
stärke ergibt bessere Festigkeiten als dicke Wandstärken und wenige oder gar keine Rippen (Abb. 11).

Die Formen müssen sehr sorgfältig hergestellt werden, man verwendet dafür dieselben Stähle wie beim Kokillenguß.

Die Verarbeitung der Spritzgußlegierungen erfolgt auf Preßluft-Gießmaschinen mit Drucken von 20 bis 40 Atm oder



Abb 11.



1 = Druck-Kolben — 2 = Flüssige Bleivorlage — 3 = Flüssiges Spri.zmetall — 4 = Vorratsbehälter für das flüssige Spritzmetall — 5 = Wärmeisolierung.

Abb. 12. Kolbenspritzgußmaschine mit Bleivorlage zum Verspritzen von Aluminium und Aluminiumlegierungen. auf Kolbenspritz-Gießmaschinen. Bei den letzteren wird die Legierung im dickflüssigen Zustand, also bei niedrigerer Temperatur, schußweise aufgegeben. Die Formen müssen vor dem Gießen mit Preßluft ausgeblasen werden. Eine Kolben-Spritzgußmaschine für Aluminium zeigt Abb. 12.

2. Die Warmverformung des Aluminiums und seiner knetbaren Legierungen

erfolgt durch Schmieden, Pressen, Gesenkschmieden, Strang-

pressen, Walzen und Warmziehen.

Halbzeuge, wie Bleche, Bänder, Rohre und Profilstangen werden in Metallwerken durch Pressen und Walzen von aus einer Schmelze vergossenen Brammen hergestellt. Die Leichtmetalle erhalten durch Verpressen ein besseres und gleichmäßigeres Kleingefüge wie beim Durchschmieden. Die Profilstangen aus Reinaluminium oder Aluminiumlegierungen werden entweder durch Strangpressen in einem einzigen Arbeitsgang oder durch Walzen in mehreren Stichen hergestellt. Der Walzvorgang paßt sich im wesentlichen dem Walzen von Schwermetallen an.

Durch Freiformschmieden werden oft außergewöhnlich große Werkstücke bearbeitet. Der im Salzbad oder Muffelofen auf mittlere Warmverformungstemperatur gebrachte Gußblock wird unter dem Schmiedehammer oder unter der Presse mit leichten Drücken unter ständigem Wechsel der Schlagrichtung durchgeknetet. Bei der zweiten und bei den weiteren Glühungen kann die Schmiedetemperatur etwa 20 bis 30° höher liegen als die höchste Schmiedetemperatur. Im übrigen sind die festgelegten Temperaturen genau einzuhalten (vergl. Tafel 26). Nach dem Glühen im Salzbad läßt sich anhaftendes Salz durch selnelles aber vorsichtiges Eintauchen in kochendes Wasser beseitigen.

Kleinere Werkstücke werden durch Pressen bzw. Gesenkschmieden verformt. Dabei werden je nach Art der Arbeit: Fallhämmer, Kurbel- und Exzenterpressen, Druckwasser-, Reibrad- oder Spindelpressen verwendet.

Die glatten und polierten Gesenke müssen auf die Tempera-

tur des zu verformenden Werkstücks gebracht werden.

Von den in Tafel 26 angegebenen Temperaturen sollten die unteren Grenzen bei Gesenkpreßarbeiten möglichst vermieden werden, denn bei zu kalt verformten Werkstücken bilden sich Gratrisse, die zu Ausschuß führen. Bei stufenweisem Verformen muß nach jedem Entgraten zwischengeglüht werden.

Wichtig ist die Gestaltung der Preßteile, wobei die Eigenheiten der Leichtmetalle stets zu berücksichtigen sind. Ab-

schrägung in der Preßrichtung und Abrundung der Kanten sind wichtige Grundbedingungen. Auch auf das stärkere Schwinden der Leichtmetalle gegenüber den Schwermetallen muß bei der Gestaltung der Preßteile Rücksicht genommen werden. Die Gesenke werden am besten aus Chrom-Wolfram-Stählen mit rd. 10% W und 8% Cr hergestellt.

Tafel 26. Temperaturen für die Warmbehandlung und Warmverformung, der Aluminiumlegierungen.

Werkstoff	Weichglühen bei ° C	Aushär- tungsglühen bei ® C	Altern- bzw. Anlassen bei ° C	Warmver- formung bei [©] C
Reinaluminium	350—450	-	-	450—500
Al-Cu-Mg	350-370	490-510	~ 20	400-470
Al-Cu-Ni	350370	500510	~ 20 (150-160)	400—470
Al-Cu	330370	500-510	120150	400-470
Al-Mg-Si	330370	520-550	140-160	460-500
Al-Si	360-400	-	-	460500
Al-Mn	450-500	-	_	480520
Al-Mg-Mn	350-450	-	-	400-450
Al-Mg	350-460	_	300—320	330—460

Die Tafel enthält Mittelwerte, maßgebend sind die Angaben

der Erzeugerwerke.

Die Warmbehandlung der Leichtmetallegierungen erfordert je nach dem Verwendungszweck besondere Glühöfen. Man unterscheidet:

Barrenglühöfen für die Erhitzung von Gußblöcken, Weichglühöfen, Vergütungsöfen, Warmhärteöfen und Anwärmöfen.

Salzbadöfen sind vorteilhafter als Muffelöfen.

Die erforderliche Wärmeleistung wird bei Muffelöfen durch gute Luftumwälzung und bei Salzbadöfen durch genügende Füllung mit einer leicht schmelzbaren Salzmischung erreicht. Genaueste Temperaturregelung ist bei allen Öfen Grundbedingung.

Als Heizstoffe dienen Kohle, Koks, Azetylen, Leuchtgas, Heizöl oder am besten elektrischer Strom. Bei Verwendung von Muffelöfen ist dafür zu sorgen, daß das Glühgut nicht von den

Heizgasen getroffen wird.

Bei Salzbadbetrieb sind gewisse Sicherheitsmaßnahmen erforderlich, wie Abflußrinnen unter den Wannen, damit das heiße Salz bei etwaiger Zerstörung des Behälters nicht in den Werkraum fließen kann. Damit das Glühgut nicht an den Wänden der Wanne anliegt, sind durchlöcherte Schutzkästen zur Aufnahme der Werkstücke einzuhängen. Öftere Überprüfung und Reinigung (etwa alle 4 Wochen) der Salzbäder ist dringend erforderlich. Mit der Handhabung der Öfen dürfen nur geschulte Arbeiter betraut werden.

3. Spanlose Formung von Aluminium im kalten Zustande.

Die Kaltformung wird für Leichtmetalle weit mehr angewandt als die Warmformgebung. Es kommen alle Arten der Kaltformung in Betracht, wie Walzen, Biegen, Abkanten,

Pressen, Prügen, Ziehen, Tiefziehen, Drücken.

Der Verbrauch von Blechen aus Aluminiumlegierungen ist wegen ihrer vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten im Fahrund Flugzeugbau besonders groß. Hier kommen deshalb auch die verschiedensten Verformungsarbeiten vor. Als Schlagwerkzeuge werden Hämmer aus Holz, Hartgummi oder verschiedenen neueren Kunststoffen mit abgerundeten Ecken verwendet. Erforderlich ist die Einhaltung bestimmter Biegungsradien, dabei gelten folgende Richtlinien:

Weiches Aluminium unter 1 mm Blechdicker = 0 weiches Aluminium über 1 bis 3 mm Blechdicke und halbharte

Aluminiumlegierungen r = Blechdicke

frisch abgeschreckte aushärtbare Aluminium-

Wenn bei Rißgefahr Zweifel darüber bestehen, ob sich eine bestimmte Biegearbeit noch kalt ausführen läßt, so sollte stets

warm gebogen werden.

Zum Biegen im Schraubstock sind weiche Einspannbacken

erforderlich.

Formstangen werden nach den gleichen Grundsätzen gebogen wie Bleche. Im übrigen sind die Biegehalbmesser den von den Herstellern von Blechen und Stangen herausgegebenen Merkblättern zu entnehmen.

Dünne Rohre können frei von Hand gebogen werden, dagegen sind für dickwandige Rohre von größerem Durchmesser Biegevorrichtungen erforderlich. Man füllt die Rohre, um das Einknicken zu verhindern, mit Sand oder mit Stahlkugeln. Zum etwaigen Anwärmen ist vielfach eine örtliche Erhitzung mit der Lötlampe ausreichend. Dabei genügt oft schon eine Erwärmung auf 150°, bei sehr kleinen Biegehalbmessern muß man jedoch auf 300 bis 400° erwärmen.

Tiefziehen kann man Reinaluminium unbedenklich, auch Legierungen der Gattungen Al-Mg-Si und Al-Mn sind gut tiefziehbar. Dieselben Metalle lassen sich auch gut durch Drücken und Treiben verformen. Bei stärkerer Verformung muß man aber mit Vaselin- oder Maschinenöl schmieren. Draht wird bis auf 6 mm gewalzt und dann bis herunter auf 0,01 mm gezogen.

Drähte werden hauptsächlich für elektrische Leitungen verwendet. Reinaluminium ist dafür wegen seiner hohen Leitfähigkeit am besten geeignet. Für Freileitungen sind besondere Aluminiumlegierungen der Gattung Al-Mg-Si entwickelt worden, die hohe Festigkeit mit ausreichender Leitfähigkeit verbinden. Die Leitfähigkeit dieser Legierungen ist zwar um etwa 10% geringer als die des Reinaluminiums, dafür ist aber die Festigkeit um rund 70% höher. Von den verschiedenen Leitlegierungen hat sich in Deutschland im Laufe der letzten Jahre das Aldrey durchgesetzt, das 0,4 bis 0,5% Mg; 0,4 bis 0,6% Si; 0,2 bis 0,4% Fe — Rest Al enthält.

Drähte aus anderen Aluminiumlegierungen werden haupt-

sächlich zur Herstellung von Nieten verwendet.

Das Bördeln von Aluminiumblechen wird in der bei Schwermetallen üblichen Weise ausgeführt. Bei größeren Arbeiten kann man dazu sogenannte Sickenmaschinen verwenden.

In den letzten Jahren sind eine ganze Anzahl besonderer Maschinen für die spanlose Formung von Leichtmetallblechen entwickelt worden, wie Abkantpressen, Blechkantenformer, Richt- und Biegemaschinen, Prägepressen

usw.1)

Eine besondere Art der Kaltformung von Aluminium-Werkstoffen ist das Kaltspritzen, das im Gegensatz zum Spritzoder Preßgutverfahren nicht vom teigigen, sondern vom festen Zustand des Werkstoffes ausgeht. Dabei wird eine Platine in die Maschine eingeführt und unter sehr hohem Druck zum Fließen gebracht. Mit Kaltspritzmaschinen, die sehr hohe Leistungen aufweisen, werden Tuben, Hülsen usw. in großen Mengen hergestellt. Es ist möglich auf diesem Wege Bauteile mit gleichbleibendem Querschnitt von 0,1 bis 1,5 mm Wandstärke herzustellen.

4. Verbindungsarbeiten von Aluminium und seinen Legierungen.

Die Aluminium-Leichtmetalle lassen sich gut mit den bekannten Maßnahmen, wie Schrauben, Nieten, Falzen, Löten und Schweißen verbinden. Je nach Art und Anlieferungszustand der zu verbindenden Metalle, und je nach den an die Verbindung zu stellenden Ansprüchen ist die Verbindungsmaßnahme

¹⁾ Vergl. Band: "Spanlose Formung", Teil "Stanzerci" der D. W. B.

zu wählen. Schwierigkeiten treten nicht auf, wenn die besonderen Eigenschaften der Werkstoffe berücksichtigt werden.

a) Schraubenverbindungen.

Der Werkstoff der verwendeten Schrauben muß die gleiche Zusammensetzung haben wie der Grundwerkstoff. Außerdem können verzinkte Eisen- und Stahlschrauben benutzt werden. Dagegen sind vernickelte und ungeschützte Schrauben aus Eisen, Stahl, Messing oder Neusilber nicht zu verwenden, da

sie starkem Korrosionsangriff unterliegen.

Wegen der geringeren Kerbzähigkeit des Aluminiums ist der Kerndurchmesser der Schrauben größer zu wählen als bei Stahlschrauben (etwa im Verhältnis 1,05 bis 1,5). Deshalb sollen auch scharfkantiges Gewinde und scharfe Übergänge von Kopf und Schaft vermieden werden. Die Gewinde müssen sauber und tief genug geschnitten sein, am besten mit Sonderwerkzeugen. Als Schmier- und Kühlmittel verwendet man dabei Terpentinöl. Der Lochdurchmesser für das Muttergewinde ist etwas größer zu wählen als bei Stahl. Die Gewindelänge soll bei Stiftschrauben mindestens gleich dem 2½ fachen Gewindedurchmesser sein. Vor dem Einschrauben sind Schrauben und Muttern gut einzufetten. Bei durchgehenden Schrauben sind reichlich große Unterlegscheiben und besser mehr und dünnere Schrauben als wenige starke zu verwenden.

b) Nietverbindungen.

Niete werden in allen Aluminium-Knetlegierungen nach DIN 1713 geliefert. Bei den Nieten ist, ebenso wie bei den Schrauben, möglichst die Legierung der zu verbindenden Teile zu wählen. Niete aus nicht vergütbaren Legierungen, also der Gattungen Al-Si, Al-Mg-Mn, Al-Mg oder Al-Mn, werden weich oder halbhart, Niete aus vergütbaren Legierungen im abgeschreckten Zustande geschlagen.

Zu harte oder zu feste Niete erfordern nicht nur einen höheren Arbeitsaufwand, sondern ergeben leicht spröde und

rissige Schließköpfe, die zum Abspringen neigen.

Bei den aushärtbaren Legierungen tritt schon wenige Stunden nach dem Abschrecken eine wesentliche Verfestigung ein, wodurch die Kaltverformung sehr erschwert wird. Diese Niete müssen daher unmittelbar vor dem Schlagen vergütet, d. h. etwa 20 Minuten lang auf 500° C \pm 5° erwärmt, in Wasser von Zimmertemperatur abgeschreckt und innerhalb von etwa vier Stunden geschlagen werden. Nur bei Lagern von Nieten unter 0° tritt keine Verfestigung ein, das Niet kann dann auch noch zu einem späteren Zeitpunkt ohne weiteres geschlagen werden. Leichtmetall-Niete werden kalt eingezogen.

Im Gegensatz zu der im Eisenbau üblichen Rechnungsweise, die eine Kraftübertragung durch Reibung in den Berührungsflächen der zu verbindenden Bauteile voraussetzt, wobei das warmgeschlagene Niet auf Zug beansprucht wird, muß daher bei kaltgeschlagenen Leichtmetall-Nieten mit der Scherfestigkeit und dem Lochlaibungsdruck gerechnet werden.

Tafel 27. Scherfestigkeit und zulässige Beanspruchung.

Leglerung		Scherfestig-	Zulitssige Beanspruchung ²)		
Gattung	Zustand	keit kg/mm²	ruhende Last kg/mm²	wechselnde Last kg/mm²	
Al-Cu-Mg	vergütet ¹)	27—30	9—10	79	
Al-Mg-Si	ungetempert	1822	6-7	4,5-6	
Al-Si	halbhart	1215	4-5	3-4,5	
Al-Mn	halbhart	11-13	4-5	3-4	
Al-Mg-Mn	halbhart	14—18	5—6	3,55	
Al-Mg	weich	18-22	6—7	4,5—6	

Die Scherfestigkeit (0,6 bis 0,7 der Zugfestigkeit bzw. 0,23 der Brinellhärte) von Leichtmetall-Nieten ist durch Versuche ermittelt und in Tafel 27 für einige Legierungen angegeben. Als Laibungsdruck gilt das 2 bis 2,5 fache der Scherfestigkeit.

Während im allgemeinen die Niete der Gattung Al-Cu-Mg erst nach voraufgegangener Wärmebehandlung eingezogen werden, läßt sich die Legierung "Duralumin 681H" dieser Gattung in voll ausgehärtetem Zustand ohne nochmalige vorhergehende Wärmebehandlung verarbeiten. Die Scherfestigkeit dieserNiete liegt ungeschlagen zwischen 22 und 24 kg/mm², geschlagen und auf den Istdurchmesser bezogen zwischen 24 bis 26 kg/mm².

Die Nietung erfolgt entweder von Hand oder mit Nietmaschinen. Für kleinere Niete, bis 2 mm Durchmesser, verwendet man einfache Nietzangen. Bei größerem Nietdurchmesser benutzt man Preßlufthämmer verschiedener Größen. Häufig werden auch Handschlag-Nietmaschinen mit Bügel benutzt, deren Bügel als Gegenhalter ausgebildet sind. Im Flugzeugbau benutzt man Schnellnietmaschinen verschiedener Ausführungen und Nietautomaten.

1) Unmittelbar nach dem Abschrecken geschlagen, Festigkeit nach dem Auslagern gemessen.

²⁾ Die zulässigen Beanspruchungen sind für wechselnde Belastung mit etwa 3,5 bis 4 facher, für ruhende Belastung mit etwa 3 facher Sicherheit errechnet worden

Neuerdings werden, besonders im Flugzeughau, vielfach Sprengnieten verwendet. Bei dieser Nietart wird der Schließkopf durch Sprengung gebildet, wobei die Sprengladung sich in einer offenen Bohrung des Nietes befindet. Entzündet wird die Sprengladung durch elektrisches Anwärmen mittels Sonderwerkzeugen von der Setzkopfseite her, so daß solche Nieten vor allem an einseitig zugänglichen Stellen verwendet werden können. Für diese Nietform eignet sich sehr gut das Duralumin 681 H.

Für plattierte Leichtmetalle verwendet man Niete aus

plattierten Werkstoffen.

c) Falzen.

Falzen kann man Reinaluminium im weichen, halbharten und harten Zustande, Aluminiumlegierungen der Gattungen Al-Mn, Al-Mg, Al-Mg-Mn, erstere weich und halbhart letztere weich, ferner Al-Mg-Si und Al-Cu-Mg weichgeglüht. Die aushärtbaren Legierungen dürfen nur vor der vollkommenen Aushärtung zu Falzarbeiten verwendet werden. Zum Falzen können auch Sickenmaschinen, jedoch nur solche mit sauberen und glatten Sickenwalzen benutzt werden.

d) Löten.

Beim Löten von Aluminium-Leichtmetallen kann sowohl das Weich- als auch das Hartlötverfahren angewandt werden.

Die Weichlötungen von Aluminium erfordern große Erfahrung und Sorgfalt. Sie werden für wichtigere Teile kaum angewendet. Man benutzt vorwiegend Aluminiumreiblote, die aus Zink und Zinn mit Zusätzen von Kadmium, Blei oder Wismut und 0 bis 50% Aluminium bestehen. Um beim Löten eine metallisch einwandfreie Bindung zu erhalten, muß die stets vorhandene Oxydschicht vorher beseitigt werden, was meist mit einer Drahtbürste geschieht.

Die Lötverbindungen sind sehr korrosionsempfindlich, sie müssen deshalb sofort durch Anstrich oder mit Lacken gegen Zutritt von Feuchtigkeit geschützt werden. Man lötet mit der Lötlampe, dem Lötbrenner, der Lötpistole oder mit dem

Schweißbrenner.

Die Hartlote bestehen aus 70 bis 95 % Aluminium mit geringen Zusätzen an Kupfer, Nickel, Zinn, Zink, Kadmium usw. Festigkeit und chemische Beständigkeit der Hartlötungen sind bedeutend besser als die der Weichlötungen, so daß das Hartlöten in manchen Fällen an Stelle von Schweißen angewendt wird. Bei Überlappungen ist die Festigkeit sogar höher als beim Schweißen. Als Flußmittel werden Pasten oder Pulver ver-

wendet, deren Reste nach der Lötarbeit sorgfältig entfernt werden müssen. Die Arbeitstemperatur liegt beim Hartlöten zwischen 550 und 620°. Man lötet auch hierbei mit Lötlampe, Lötbrenner oder Schweißbrenner. Die gelöteten Teile müssen langsam abkühlen. Im allgemeinen sollte auch die Hartlötung nur angewandt werden, wenn an die Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit der Verbindungsstelle keine hohen Ansprüche gestellt werden.

e) Schweißen.

Aluminium-Leichtmetalle, sowohl Guß- als Knetlegierungen, lassen sich durch Schweißung verbinden. Man wendet die Hammer-, Gas- und elektrische Schweißung an. Die Hammer-schweißung arbeitet mit Temperaturen, die 50 bis 100° unter dem Schmelzpunkt des Aluminiums liegen, ohne Flußmittel und Zusatzstoffe. Die zu verbindenden Teile werden an den Endflächen blank geschabt und je nach ihrer Stärke in einer Breite von 5 bis 10 mm übereinander gelegt. Dann wird die Schweißzone mit dem Schweißbrenner auf die erforderliche Temperatur erhitzt und mit einem stark balligen Hammer unter kräftigen Schlägen so lange bearbeitet, bis sich beide Teile innig miteinander verbunden haben.

Die Schweißnaht ist bei sorgfältiger Arbeit und feinster Verteilung der Oxydhaut beim Hämmern sehr gleichmäßig. Die Erwärmung muß sorgsam ausgeführt werden, denn Überhitzung ist sehr schädlich, da das Metall dann brüchig wird.

Am häufigsten wird die Gasschmelzschweißung angewendet. Dabei werden die Kanten der Werkstücke durch die Schweißflamme zum Schmelzen gebracht und unter Zuhilfe-

nahme eines Zusatzstabes vereinigt.

Die Ausführung des Schweißens erfordert Sorgfalt und Übung. Wie bei jedem Metall muß dabei die Eigenart des Werk-

stoffes berücksichtigt werden.

Da sich das Aluminium und seine Legierungen an der Luft mit einer dichten und festhaftenden Oxydschicht überzieht. die der schweißtechnischen Verarbeitung große Schwierigkeiten bietet, sind zu ihrer Auflösung besondere Maßnahmen nötig. Man verwendet dazu Flußmittel (Schweißpulver), die aus einem Gemisch von Chlor- und Fluorsalzen bestehen, in der Schweißhitze zerfließen und die Oxydhaut lösen. Bei der Auswahl des Flußmittels empfiehlt es sich, die Angaben der Aluminiumzentrale zu beachten, die kostenlos Auskunft erteilt.

Zur Gasschweißung wird meist die Azetylen-Sauerstoffflamme verwendet, doch kann auch mit der Wasserstoff-Sauerstofflamme oder mit Leuchtgas gearbeitet werden. Der Brennereinsatz wird beim Leichtmetall-Schweißen mit Azetylen im allgemeinen um eine Nummer kleiner gewählt als beim Schweißen von Stahl, im Einzelfalle ist er jedoch abhängig vom Schmelzpunkt des Werkstoffes, der Wärmeleitfähigkeit nud der Größe des Werkstückes. Es ist darauf zu achten, daß ein sauber geschlossener, nicht mehrstrahliger Flammenkegel entsteht. Meist wird mit etwas Gasüberschuß gearbeitet, auf keinen Fall darf mit einem Überschuß an Sauer-

stoff gearbeitet werden.

Bei der Wahl des Zusatzwerkstoffes gilt als Grundsatz stets das gleiche Material zu verwenden wie die zu schweißenden Teile. Die Dicke der Schweißstäbe richtet sich nach der Blechstärke. Unter 3 mm Blechstärke jedoch wird die Dicke von 3 mm beim Zusatzdraht beibehalten. Die Verwendung von mit Schweißpulver gefüllten Stäbchen ist nicht zu empfehlen. Beim Kauf von Reinaluminium-Schweißdraht prüfe man in jedem Falle, ob das Material wirklich rein ist. Das geschieht durch Eintauchen des Drahtes in heiße zehnprozentige Natronlauge. Bleibt der Draht silberweiß, so ist er gut; wird er dagegen grau oder schwarz, so ist er unrein und nicht zu verwenden.

Bei der Vorbereitung der Werkstücke ist folgendes zu beachten: Sehr dünne Bleche bis herauf zu 1 mm werden an den Kanten etwa 2 mm breit gebördelt und mit den Bördelkanten nach oben fest aneinander gelegt. Das Flußmittel wird mit einem Pinsel sparsam aufgetragen, und die Bördelkanten mit kleiner Flamme niedergeschmolzen. Dabei ist der Brenner in Richtung der Naht möglichst flach zu führen. Bei vorsichtigen Arbeit lassen sich selbst 0.1 mm starke Aluminiumbleche sauber

schweißen.

Bleche bis zu einer Stärke von 3 mm werden stumpf aneinander gelegt. Bei Blechdicken von 3 bis 10 mm werden die Kanten der Schweißstellen einseitig, also V förmig abgeschrägt, bei noch dickeren zweiseitig, so daß eine X-Fuge entsteht. Im allgemeinen werden die zu schweißenden Bleche mit einem der Blechdicke entsprechenden Spiel aneinander gelegt. Bei zu geringem Spiel besteht die Gefahr, daß nicht "durchgeschweißt" wird, daß die Schweißfuge also nicht vollständig ausgefüllt wird. Am Ende der Schweißfuge sollen deren Kanten um etwa 2% der Länge voneinander entfernt sein.

Die Flamme soll beim Schweißen stets in Richtung der Naht geführt werden; den Flammenkegel hewegt man dabei in kleinen gleichmäßigen Kreisen von rechts nach links über beide Nahtkanten. In die hierbei eingebrannten kleinen kraterartigen Vertiefungen wird das Zusatzmaterial eingetaucht und dadurch

abgeschmolzen.

Die große Wärmeaufnahmefähigkeit und Wärmeleitfähig-

keit des Aluminiums macht es erforderlich, dem Werkstück so viel Wärme zuzuführen, daß die Schmelztemperatur an der Schweißstelle erreicht bzw. gehalten wird. Die Schweißzone muß daher entsprechend vorgewärmt werden, was durch gleichmäßiges Kreisen der Flamme um die Schweißstelle herum geschieht.

Die geschweißten Stücke sollen langsam abkühlen, ein Abschrecken ist zu vermeiden. Da die Schweißnähte von Legierungen im Gegensatz zu denen des Reinaluminiums meist ein grobkörniges Gefüge haben, müssen sie nachbehandelt werden. Das kann durch Abhämmern geschehen. In vielen Fällen genügt gründliches Warmhämmern. Dadurch wird das Gefüge feinkörnig und dem der verschweißten Metallstücke angeglichen. Das Kalthämmern, das bei einzelnen Legierungen erforderlich ist, muß besonders sorgfältig ausgeführt werden. Das Hämmern darf jedoch erst erfolgen, nachdem alle Schweißpulverreste beseitigt sind. Dabei genügt nicht einfaches Abbürsten oder Abspülen mit Wasser, die Schweißstelle muß vielmehr mit einer zehnprozentigen Lösung von Salpetersäure abgewaschen und dann mit reinem Wasser nachgespült werden. Die guten Festigkeitseigenschaften der aushärtbaren Legierungen gehen beim Schweißen im Bereich der Wärmezone verloren, doch liegen die Festigkeitswerte, insbesondere bei dünnen Blechen, höher als diejenigen des weichgeglühten Zustandes. Nicht aushärtbare Legierungen haben bei sorgfältiger Ausführung der Schweißung und Herbeiführung eines feinen Gefüges durch Nachbehandlung praktisch überhaupt keinen Festigkeitsabfall gegenüber dem weichen, ungeschweißten Zustand.

Kleine und nicht zu sperrige Stücke aus aushärtbaren Legierungen lassen sich wieder nachveredeln, wodurch ihre Zugfestigkeit fast wieder auf den Wert des ungeschweißten Werk-

stoffes steigt.

Die Korrosionsbeständigkeit der geschweißten Stücke läßt bei restloser Beseitigung aller Reste des Flußmittels kaum nach. Nur die Legierungen der Gattung Al-Mg mit mehr als 5% Mg zeigen mit steigendem Magnesiumgehalt eine durch das Schweißen verringerte Korrosionsbeständigkeit.

Die elektrische Schweißung wird an Bauteilen aus Aluminium und dessen Legierungen mit Erfolg angewandt. Man führt sowohl das Lichtbogenschweißen als auch das Wider-

standsschweißen aus.

Die Lichtbogenschweißung mit dem Kohlelichtbogen hat bei Aluminium bisher nur beschränkte Anwendung gefunden, da es gegenüber der Gasschweißung keine besonderen Vorteile hat. Es wird hauptsächlich beim Ausbessern von Silumin-Gußteilen angewandt. Dagegen hietet das Schweißen mit dem Metall-Lichtbogen mancherlei Vorteile. Bei diesem Verfahren wird ein Gleichstrom-Lichtbogen zwischen dem Werkstück und einem Metallstab gezogen, wobei dieser abschmilzt und als Zusatzstoff dient. Die Schweißgeschwindigkeit ist gegenüber der Gasschweißung groß, die Wärmeeinflußzone schmal, die Verwerfungen des Werkstückes sind daher gering. Ein stetiger Lichtbogen kann nur mit umhüllten Elektroden erzeugt werden. Die Umhüllung besteht aus einem Flußmittel, das die vorhandenen oder sich beim Schmelzen bildenden Oxyde löst und weitere Oxydation verhindert. Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit der lichtbogengeschweißten Verbindungen sind mindestens so gut wie die der gasgeschweißten.

Die Lichtbogenschweißung mit nur einer Metallelektrode kann Anwendung finden bei Reinaluminium und vielen Aluminiumlegierungen, mit Ausnahme der aushärtbaren Legierungen, da ihr Festigkeitsverlust in der Schweißnaht und Erwärmungszone groß ist und durch Hännmern nur bei kleineren Werkstücken und erneuter Aushürtung aufgehoben werden kann.

Die Arcatomschweißung, bei der zwischen zwei Wolfram-Elektroden ein Wechselstromlichtbogen in einem Schutzmantel von Wasserstoff brennt, wird für manche Zwecke der Aluminiumschweißung mit Vorteil angewandt, weil die Oxydneubildung durch die Schutzgasatmosphäre verhindert wird. Die hohen Anschaffungskosten des Schweißgerätes, der Elektroden- und Wasserstoffverbrauch verteuert diese Schweißart aber ganz erheblich gegenüber der Gasschmelzschweißung.

Die Widerstandsschweißung entspricht dem Hammerschweißen, sie verlangt kein Flußmittel, keinen-Zusatzwerkstoff und liefert eine gleichmäßige Verbindung im teigigen Zustand unter hohem Druck. Als Wärmequelle dient der elektrische Strom, dessen Einwirkung so kurz wie möglich gehalten wird.

Man unterscheidet: Punkt-, Naht- und Stumpfschweißung. Die zulässigen Blechstärken betragen für die Punktschweißung 0,1 bis 3 mm, für die Nahtschweißung 0,3 bis 2 mm. Die Nahtschweißung wird mit Rillenelektroden ausgeführt, wobei eine ununterbrochene, dichte Naht erzielt wird. Die Stumpfschweißung ist nur für einfache volle Querschnitte von 0,2 bis 300 mm² anwendbar. Die zu verschweißenden Stücke werden unter gleichzeitigem Stromdurchgang mit hohem Druck gegeneinander gepreßt.

Für die Schweißungen sind die für Stahl verwendeten Widerstandsschweißmaschinen nicht ohne weiteres zu benutzen. Aluminium braucht höhere Stromstärken geringerer Spannung. Die Dauer des Stromdurchganges und der Elektrodendruck müssen ebenfalls dem Werkstoff angepaßt sein. Widerstandsschweißung empfiehlt sich nur für Massenfertigung. In neuerer Zeit ist ein

Schweißverfahren eingeführt, das nach seinen Erfindern, den Schweizern, A. und H. Weibel als Weibelverfahren bezeichnet wird und besonders zur Schmelzschweißung von dünnen Leichtmetallblechen geeignet ist. Es ist ein elektrisches Verfahren, das weder unter die Lichtbogenschweißung noch unter die elektrische Widerstandsschweißung eingereiht werden kann. Das Schweißgerät besteht im wesentlichen aus zwei von niedrig gespanntem Wechselstrom durchflossenen hochschmelzenden Kohleelektroden, die vor Beginn der Schweißung auf Rotglut erhitzt und dann an den zu schweißenden Rändern entlang geführt werden. Da hierbei kein nennenswerter Widerstand im Blech auftritt, wird die Schweißwärme fast vollständig außerhall des zu schweißenden Werkstoffes erzeugt. Der Werkstoff wird vor allem durch die glühenden Elektroden des Schweißkolbens zum Schmelzen gebracht und fließt, ähnlich wie bei der Gasschmelzschweißung, in die Nahtfuge ein. Der Schweißstrom wird von einem regelbaren Transformator geliefert. Der Stromverbrauch beträgt je nach Stärke des zu verschweißenden Bleches 400 bis 3500 W. Da kein Lichtbogen entsteht, kann meist ohne Schutzbrille gearbeitet werden.

5. Spangebende Formung von Aluminium-Leichtmetallen.

Bei der spangebenden Bearbeitung von Leichtmetallen kann man bei Anwendung geeigneter Werkzeuge und Schmiermittel hohe Geschwindigkeiten wählen. Die auftretenden Schnittkräfte sind verhältnismäßig klein. Für wirtschaftliches Arbeiten ist allerdings die Verwendung von Maschinen mit ausreichend

hohen Drehzahlen erforderlich.

Die Schnittbearbeitkarkeit der verschiedenen Legierungen ist sehr verschieden. Die weicheren Gattungen ergeben zähe bandförmige Späne, die sich leicht in den Werkzeugnuten und an den Schneiden festsetzen und durch Bildung sogenannter Aufbauschneiden unsaubere Oberflächen ergeben. Durch geeignete und reichliche Schmierung kann hierbei jedoch eine gewisse Abhülfe geschaffen werden. Die ausgehärteten Legierungen der Gattungen Al-Cu-Mg, Al-Cu-Ni und Al-Cu dagegen ergeben stets saubere maßhaltige Arbeitsflächen. Auch hierbei ist eine gute Schmierung zweckmäßig. Die Gußlegierungen sind leichter zu bearbeiten als die Knetlegierungen der gleichen Gattung. Die Legierungen der Gattungen GAl-Si (Silumin), GAl-Si-Cu (Kupfer-Silumin) und GAl-Si-Mg (Silumin-Gamma) greifen die Werkzeugschneiden besonders stark an, es empfiehlt sich daher bei ihrer Bearbeitung Hartmetallwerkzeuge zu verwenden.

Die Sauberkeit des Schnittes wird gefördert durch einen kleinen Vorschub bei hoher Schnittgeschwindigkeit.

Die Automatenlegierungen können in derselben Weise be-

arbeitet werden wie z. B. Automatenmessing.

Man verwendet für die Leichtmetallbearbeitung meist Sonderwerkzeuge mit kleinem Freiwinkel und kleinem Keilwinkel. Der letztere kann um so kleiner ausgeführt werden, je weicher der zu zerspanende Werkstoff ist. Durch breite Spannuten muß für eine gute Spanabfuhr gesorgt werden. Übermäßige Erwärmung ist, ebenso wie bei underen Werkstoffen, zu vermeiden. deshalb ist gute Kühlung der Schneidstelle erforderlich.

Als Werkstoff für die Werkzeuge verwendet man zweckmäßig Schnellstahl oder Hartmetallschneiden. Ferner sind Dia-

manten und keramische Werkzeuge in Gebrauch.

Die Form der Werkzeuge ist in erster Linie von der Forderung einer guten Spanabfuhr bedingt. Für das Drehen eignet sich der in Abb. 13 dargestellte Stahl, mit dem selbst weichere Leicht-

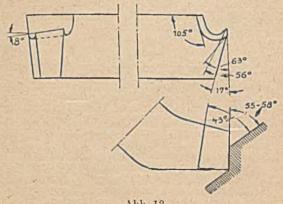
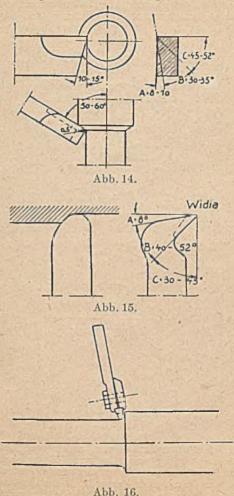


Abb. 13.

metalle oft bei verhältnismäßig niedriger Schnittgeschwindigkeit bearbeitet werden können. Bei höheren Schnittgeschwindigkeiten können die in den Abb. 14 bis 16 dargestellten Stähle benutzt werden. Werkzeuge nach Abb. 15 gestatten wegen ihrer abgerundeten löffelartigen Form auch bei starker Spanabnahme ein ruhiges und sauberes Arbeiten. Sie eignen sich z. B. besonders gut für die Bearbeitung von Silumin, doch empfiehlt sich hierbei eine Erhöhung des Keilwinkels B auf 50 bis 70'.

Beim Fräsen ist die Schnittgeschwindigkeit nur abhängig

vom Fräserdurchmesser und der Umlaufzahl und nicht von der Größe des Werkstücks wie beim Drehen. Fräser für Leichtmetallbearbeitung werden zweckmäßig mit schraubenförmig

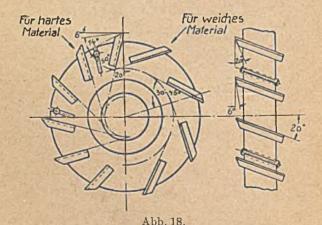


gewundenen Zähnen ausgeführt (Abb. 17). Bei größeren Flächen empfiehlt sich die Verwendung von Messerköpfen nach Abh. 18.

Hobeln ersetzt man bei der Leichtmetalfbearbeitung meist durch Fräsen, da sich die möglichen hohen Schnittgeschwindigkeiten an Hobelmaschinen nicht erreichen lassen.



Abb. 17.



Beim Bohren verwendet man meist Spiralbohrer nach Abb. 19 mit einem Spitzenwinkel von 140° und einem Drall von 30—45°. Für Sonderzwecke werden auch Bohrer verwendet, die nur an der Spitze einen engen Drall besitzen, der aber in einen die schnelle Spanabfuhr fördernden schlanken Drall übergeht. Für das Reiben von Leichtmetallen eignen sich spiralig

gewundene Reibahlen nach Abb. 20.

Leichtmetall-Gewindebohrer haben breite Spannuten. Die Schneidflächen sind zylindrisch und nicht hinterdreht. Die Rückenflächen stehen radial, so daß auch beim Rückdrehen ein Schneiden stattfindet, wodurch das Einklemmen von Spänen

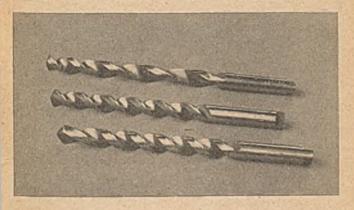


Abb. 19.

verhindert wird. Während bei Sacklöchern mit Vor- und Nachschneider gearbeitet wird, genügt bei durchgehenden Löchern



Abb. 20.

meist ein Einzelschneider, der in seinem vorderen Teil konisch

ausgebildet ist.

Leichtmetall-Kreissägen haben große Spannuten, die sich nicht vollsetzen. Das Sägeblatt muß von der Zahnspitze bis zum Zahngrund dünner gehalten werden, damit es nicht klemmt. Der Blattdurchmesser soll nicht größer gewählt werden, als es die vorliegende Arbeit erfordert.

Gewöhnliche Feilen setzen sich bei der Bearbeitung weicher

Legierungen leicht zu, sie sind daher nicht zu verwenden. Besser

eignen sich gefräste Feilen mit gekerbten Zähnen.

Beim Schleifen von Leichtmetallen verwendet man am besten elastisch gebundene Scheiben mittlerer Härte, da sich weiche Scheiben zu stark abnutzen, während harte Scheiben rasch verschmieren.

Als Schmiermittel empfiehlt sich je nach Art der Bearbeitung: Seifenwasser, Petroleum, Bohröl, Schneidöl und beim

Gewindeschneiden auch wohl Rüböl.

Über die Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe sind von den Erzeugerwerken von Leichtmetallen auf Grund von Versuchen Tabellen aufgestellt, die als Richtwerte dienen können. Allgemeingültige Angaben lassen sich jedoch nicht machen. Die Dürener Metallwerke machen die in Tafel 28 a enthaltenen Angaben. Tafel 28 enthält Richtwerte, die dem Merkblatt 5 (Ausgabe 1937) der Vereinigten Leichtmetall-Werke G.m.b.H. entnommen sind.

Die Oberflächenbehandlung von Aluminium und seinen Legierungen.

In dem Abschnitt "Korrosionsbeständigkeit" wurde bereits auf die Oberflächenveredelung zur Schaffung eines besseren Schutzes gegen Korrosion hingewiesen. An dieser Stelle soll näher darauf eingegangen werden. Man behandelt die Oberflächen des Aluminiums und seiner Legierungen teils um ihr Aussehen zu verbessern, teils um sie gegen Korrosion zu schützen. In vielen Fällen werden beide Zwecke durch ein und dasselbe Verfahren erreicht.

Das bereits behandelte Plattieren gehört auch zur Oberflächenveredelung; im übrigen bestehen die Maßnahmen in: Schleifen, Bürsten, Polieren, Mattieren, Sandstrahlen, Beizen oder in der Herstellung von Überzügen auf galvanischem oder mechanischem Wege. Dazu gehören die oxydischen auf chemischem oder elektrochemischem Wege erzeugten Überzüge

und die Anstriche.

Das Beizen, Schleifen, Bürsten, Polieren, Sandstrahlen geschieht wie folgt: Durch Beizen entfernt man die Walz- bzw. Gußhaut der Aluminium-Gegenstände auf chemischem Wege und erhalt eine matte, weiße Oberfläche. Vor dem Beizen müssen die zu behandelnden Teile gründlich gereinigt werden, wozu man Benzin oder Seifensand verwendet. Gebeizt wird meist mit heißer 10 bis 20% iger Natronlauge 1 bis 2 Minuten lang. Nach dem Beizen wird der Gegenstand abgebürstet.

Um eine Hochglanzpolitur zu erhalten, muß die Oberfläche

Tafel 28a. Schnittgeschwindigkeiten in m/min

Drehen	Fräsen	Bohren	Reiben	Gewinde- schneiden	Sägen
Schruppen .100—500 Schlichten 500—1200	Schruppen 250—1200 Schlichten 600—1700	ohne Bohrbuchse 150—400 mit Bohrbuchse 60—200	15—60	10—40	Kreissägen 100—1200 Bandsägen 1000—4000

Vorschübe

Drehen	Fräsen	Bohren	Reiben
In mm etwa doppelt so groß wie die Schnittgeschwindig- keit in m/min	Beim Schruppen in mm/min etwa 2×, beim Schlichten etwa 3× Schnittgeschwin- digkeit in m/min	0,1—0,15 mm/U bei einem Lochdurch- messer unter 4 mm, 0,4—0,6 mm/U bei Lochdurchmesser über 4 mm	0,15-0,5 mm/U je nach Größe des zu reibenden Loches

Tafel 28. Richtwerte für die Leichtmetall-Bearbeitung.

Arbeits- weise	Werkzeug	Bear	Schnittge- schwindig- keit m/min	Vorschub mm/Umdr.	Spandicke mm	Schmiermittel**)	Bemerkungen
Drohen*)	Abb. 13 Abb. 14 Abb. 15 Einstechstähl	\rangle \rangl	200—300 300—800 300—800 bis 200	bis 2,5 0,5 —1,0 0,1 —0,5 1,0 —2,5³) 0,1 —0,5³) 0,05—0,3 0,01—0,3	bis 5 1 -5 1 -2 2 -10 ³) 0,5-2 ³)	Seifen- wasser, Petroleum, Kühlmittelöl (Bohröl) oder Schneidöl	
Früsen	Abb. 17 Abb. 17 Abb. 18	\rangle \rangl	200—800 200—800 200—500 200—500 400—1500 400—1500		6 —10 0,5—1 6 —10 0,5—1 1 —3 0,2—0,8	Seifen- wasser, Kühlmittelöl (Bohröl) oder Schneidöl	Vorschub je Minute 400—1200 mm Vorschub je Früserzahn 0,1—0,3 mm
Bohren	Abb. 19		50—150 50—150 50—150 50—150 50—150	bis 0,15 0,1—0,2 0,2—0,3 0,3—0,4 0,4—0,6		Seifenwasser oder Sonder- Schneid- und Kühlmittelöle	bis 5 mm Durchmesser 5—10 ,, ,, 10—20 ,, ,, 20—40 ,, ,, über40 ,, ,,
Senken	Senker mit engem Drall		40—120	0,2—1,0		wie vor	Vorschub je nach Durchmesser

Reiben	Reibahle, oft mit gewundenen Schneiden	15-304)	0,15—1,0	wie vor¹)	Vorschub je nach Durchmesser
Gewinde- bohren	Gewindebohrer mit breiten Spannuten	im allge- meinen nicht über 20 ⁵)		wie vor oder Rüböl	
Gewinde- schneiden	Schneideisen	12—50			
Sägen	Bandsäge Kreissäge	800-1200²) 200—800	0,10,8	Kühlmittelöl (Bohröl) oder Seifenwasser	
Feilen	LEELE HAVE	Graphic Color	3), E. G		Zähne gefräst
Schleifen		~35m/sec.		Kühlmittelöl 1:60 (Öl:Wasser)	

^{*)} Für das Hobeln gelten sinngemäß die gleichen Richtwerte.
*) Eine Schmierung ist in den meisten Fällen zu empfehlen.

) Bei flachen Gewindedurchgangslöchern bis zu 40 m/min.

²⁾ Bei dickeren Werkstücken mit Rücksicht auf sonst zu starke Sägebandabnutzung nur 150—400 m/min. 3) Niedrigste Werte gelten für Hartmetallwerkzeuge. 4) Bei Reibahlen mit Hartmetallschneiden bis 45 m/min.

möglichst glatt geschliffen werden. Das Schleifen geschieht mit hoher Arbeitsgeschwindigkeit. Bei freihändigem Schleifen bis zu 25 m/sek und bei zwangläufiger Werkzeugführung bis zu 35 m/sek bei Umlaufzahlen von 1700 bis 1800/min und einem Scheibendurchmesser von 400 mm. Vorgeschliffen wird mit Schmirgel der Körnung 1 bis 00, nachgeschliffen mit feineren Körnungen bis zu 8/0 je nach verlangter Oberflächengüte. Zum Kühlen ist Bohröl, Petroleum oder Spiritus zu empfehlen, als

Schmiermittel dienen Talg oder Paraffin.

An das Schleifen schließt sich meist das Polieren an, wofür besonders sorgfältig durchgeführtes Schleifen Voraussetzung ist. Poliert wird mit Schwabbelscheiben aus festem Wollstoff, weichem Leder oder gewebten Baumwollstoffen bei 40 bis 60 m/sek Arbeitsgeschwindigkeit. Als Poliermittel dienen im Handel erhältliche Polierpasten. Nach dem Polieren können die Teile nach gründlicher Entfettung in einem Benzin-Petroleum-Gemisch oder in Trichloräthylen mittels einer frisch abgezogenen weichen Schwabbelscheibe ohne Poliermittel hochglanzpoliert werden. Da die so geglättete Oberfläche sehr empfindlich ist, empfiehlt es sich, sie sofort mit einem durchsichtigen Schutzlack zu überziehen. Kleinere Massenartikel werden mit polierten Stahlkugeln in einer Poliertrommel poliert.

Will man eine gleichmäßige, matte Oberfläche haben, so behandelt man sie mit rotierenden Bürsten. Stahldrahtbürsten, deren Drähte eine Stärke von 0,7 bis höchstens 1 mm haben, eignen sich am besten. Auch Schleuderbürsten mit an einer Scheibe gelenkig befestigten gleichschlagenden Drahtbündeln

und Fiberbürsten werden verwendet.

Auch durch Bürsten mattierte Oberflächen sind möglichst mit einem Überzug aus säurefreiem farblosen Lack zu versehen.

Beim Sandstrahlen, das meist bei Gußstücken zur Erzielung einer matten Oberfläche angewendet wird, muß recht feiner und gleichmäßig gekörnter Sand mit nicht zu hohem Druck

mittels Sandstrahl-Apparaten aufgeschleudert werden.

Farb- und Lackanstriche werden, abgesehen vom Überziehen bearbeiteter Oberflächen mit farblosen Lacken, bei Aluminium-Leichtmetallen nur selten angewandt, weil die chemischen und elektrochemischen Verfahren nicht nur Schutzschichten, sondern auch vielfältigste Färbung ermöglichen. In allen Fällen geht dem Anstrich eine mechanische oder eine andere Behandlung voraus.

Galvanische Überzüge werden heute nach dem sogenannten Elytal-Verfahren aufgebracht. Hierbei handelt es sich um ein Plattierungsverfahren, bei dem die Oberfläche des behandelten Metalls zunächst in einem Elektrolysebad mit einer Oxydhaut überzogen wird, die in einer alkalischen Lösung



LEICHTMETALLE

In fast allen Legierungen lassen sich einwandfrei und zuverlässig

autogen schweißen

mit dem ältesten und bekanntesten Schweißpulver

"AUTOGAL"

bei Anwendung der schon seit über einem
Jahrzehnt eingeführten, neuzeitlichen

GRIESHEIM-BRENNER gus

LEICHTMETALL

Wir liefern: Geräte, Apparate und Maschinen, sowie sämtliches Zubehör für die autogene Metallbearbeitung und Zusatzmaterial für olle schweißbaren Werkstoffe.

Wir beraten Sie bereitwillig. Bitte, verlangen Sie unsere Drucksachen.

GRIESOGEN

GRIESHEIMER AUTOGEN VERKAUFS-G.M.B.H.
FRANKFURT (MAIN)-GRIESHEIM



Zum sparsamen Einsatz und richtiger Verarbeitung von

Kupferu.Kupferlegierungen

stellen wir allen Interessenten unsere Erfahrungen sowie Ergebnisse von Forschungsarbeiten kostenlos zur Verfügung

DEUTSCHES KUPFER-INSTITUT E. V.

Berlin W 50, Ansbacher Straße 1

Fachbücher für Techniker und Werkmeister

- Magnetismus und Elektrizität.
 VIII. 118 Seiten. 1919 RM. 1.-
- Algebra. 8º. 252 Seiten mit 75 Abbildungen. 1923........... RM. 6.30
- Planimetrie. 80. 235 S. mit 228 Abbildungen. 1923 RM. 5.90
- Einführung in die Trigonometrie. 8º. 88 S. mit 50 Abb. 1922 RM. 3.-

- Einführung in die Stereometrie. 8°. 80 S. mit 60 Abb. 1923 RM. 2.50
- Die Logarithmen der trigonometrischen Funktionen und der natürlichen Zahlen. Groß - 8°. 70 Seiten. 1923. Halbleinen RM. 3.—

- Die graphische Integration. Von Ing. Dr. techn. Jos. Gerstenbrandt. 135 S. 78 Abbildungen. 1926 RM 5.40

A. ZIEMSEN VERLAG / WITTENBERG LUTHERSTADT

wieder aufgelockert wird. Dadurch ist für eine festhaftende Verankerung der elektrolytisch niederzuschlagenden Metallschicht erst die geeignete Grundlage geschaffen. Nach der Vorbehandlung wird in gewöhnlichen Bädern galvanisiert, und zwar zuerst vernickelt, dann der gewünschte Metallüberzug aufgebracht.

Oxydation der Oberfläche.

Das Modifizierte Bauer-Vogel-Verfahren, kurz MBV-Verfahren genannt, ein rein chemisches Verfahren, ist anwendbar auf Reinaluminium und alle kupferfreien Aluminium-Legierungen. Die Schutzschicht ist hell bis dunkelgrau (schiefergrau) gefärbt und fällt, entsprechend der Oberflächenbeschaffenheit der behandelten Gegenstände, matt bis hochglänzend aus. Sie ist in der Metalloberfläche fest verankert und splittert deshalb, selbst bei stärkster Deformation des Metalls durch Schlagen, Biegen oder Walzen, nicht ab. Die mechanische Widerstandsfähigkeit gegen Reiben ist jedoch gering; immerhin ist die Reinigung von mit MBV-Schicht versehenen Aluminium mit scharfen Wurzelbürsten durchaus möglich. Die chemische Beständigkeit der Schutzschicht und die Oberflächenhärte lassen sich durch nachträgliche Behandlung z. B. mit Wasserglas wesentlich verbessern.

Die zu schützenden Gegenstände werden für die Dauer von wenigstens 5 Minuten in die siedende oder fast siedende (möglichst nicht unter 90°C) wässerige Lösung eines leichtlöslichen Salzgemisches eingetaucht; nach Aufziehen der grauen Farbe werden die Teile mit klarem Wasser gründlich gespült und zum Trocknen aufgestellt. Die MBV-Lösung kann ohne Nachteil auch längere Zeit auf das Metall einwirken; die Schutzschicht wird dadurch etwas rauher, aber auch stärker, so daß sie durch nachträgliche Imprägnierug besonders günstige Eigenschaften erhält.

Im allgemeinen können die Aluminiumgegenstände ohne besondere Vorbereitungen der MBV-Behandlung zugänglich gemacht werden; geringfügige, lose haftende Ölfilme sind unschädlich und setzen höchstens die Ergiebigkeit des Bades etwas herab. Ist die Oberfläche jedoch mit einem aufgebrannten Ölfilm oder einer starken Oxydschicht versehen, wie es bei ausgehärteten Al-Mg-Si-Legierungen fast immer der Fall sein dürfte, so ist sie entweder mechanisch durch Bürsten bzw. Schleifen oder chemisch durch Beizen vorzubehandeln.

Das EW-Verfahren (Erftwerk-Verfahren) ist ebenfalls ein chemisches Verfahren, womit in silikat- oder fluroidhaltigen Soda-Chromatbädern auf Aluminium transparente, helle Schutzschichten erzeugt werden, die der MBV-Schicht an chemischer Beständigkeit gleichwertig bzw. überlegen sind. Der auf kupferhaltigen Legierungen entstehende Überzug ist wesentlich dichter als die MBV-Schicht. Die Anfärbbarkeit und das Verankerungsvermögen der Schichten für Lacke ist geringer als bei der MBV-Schicht.

Die elektrische Oxydation.

Das bekannteste Verfahren, auf elektrolytischem Wege Oxydschichten auf Aluminium und seinen Legierungen zu erzeugen, ist das sogenannte Eloxal-Verfahren (Eloxal = elek-

trisch-oxidiertes Aluminium).

Durch elektrische Oxydation wird die sich auf dem Aluminium an der Luft bildende dünne Oxydhaut, deren Stärke etwa 0,0004 bis 0,0002 mm beträgt, so verstärkt, daß sie auf etwa 0,015 bis 0,02 mm anwächst. Die Eloxalschicht ist mit der Grundmetall unlösbar verbunden, da sie nicht auf der Oberfläche liegt wie ein galvanischer Niederschlag, sondern in die Oberfläche hineingewachsen ist. Selbst stärkste Verformung

kann die Schicht nicht zum Abblättern bringen.

Die Eloxalschichten bieten sehr guten Schutz gegen Korrosion und lassen sich zudem in verschiedenen Farben färben. Die Härte der Eloxal-Schichten ist sehr groß und läßt sich durch besondere Maßnahmen bis zu der des Korund steigern. Die mechanischen Eigenschaften des Grundwerkstoffes werden jedoch durch die Eloxierung nicht verändert. Da die Eloxalschichten nichtmetallischen Charakter besitzen, zeichnen sie sich durch sehr gute elektrische Isolationsfähigkeit aus. Mit geeigneten Verfahren sind Schichten mit einer Durchschlagsfestigkeit bis zu 5000 Volt herstellbar. Der Vorgang der Eloxierung umfaßt in der Regel folgende Arbeitsgänge:

1. Mechanische Vorbereitung,

2. Chemische und elektrolytische Vorbereitung,

3. Eloxieren,

4. Nachbehandlung.

Die Oberfläche wird zunächst durch Schleifen, Bürsten, Polieren, Mattieren usw., je nach Verwendungszweck, vorbereitet. Dann müssen die Gegenstände gründlich gereinigt und entfettet werden, was auf chemischem Wege durch Benzin, Trichloräthylen, Tetrachlorkohlenstoff usw. geschieht.

Zur Erzeugung der Eloxalschicht werden die Gegenstände unter Strom in einen Elektrolyten eingehängt. Als Elektrolyt dient Schwefelsäure oder Oxalsäure und als Stromart Gleich-

strom oder Wechselstrom.

Die Nachbehandlung besteht in einem Schließen und Abdichten der in der Eloxalschicht vorhandenen Poren mittels organischer oder anorganischer Stoffe und Einfärben mittels organischer oder anorganischer Farblösungen.

Besonders saugfähige Eloxalschichten dienen zur Herstellung photographischer Platten für das sogenannte Seo-Verfahren. Dabei wird der eloxierte Werkstoff mit Ammonium-chlorid und anschließend mit Silbernitrat imprägniert. Das sich dabei bildende lichtempfindliche Silberchlorid kann wie photographisches Papier benutzt werden. Es werden mehrere verschiedene Eloxal-Verfahren (WX-, GX-, GXh- und GS-Verfahren), je nach der gewünschten Schichtart angewendet.

Außer dem Eloxal- gibt es noch einige andere Verfahren elektrolytischer Oxydation, auf die hier aber wegen ihrer ge-

ringeren Bedeutung nicht eingegangen werden soll.

III. Magnesiumlegierungen.

1. Allgemeines und Normung.

Magnesiumlegierungen weichen hinsichtlich ihres Aufbaues sehr von den Aluminiumlegierungen ab. Die beiden Metalle können deshalb auch nicht für alle Fälle ohne weiteres gegeneinander ausgetauscht werden. Das Magnesium wird erst durch Legierung mit anderen Metallen technisch wertvoll. Magnesiumlegierungen sind in der Hauptsache in Deutschland entwickelt worden, wobei sich die deutschen Hochschulen und private Versuchsanstalten, wie die I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft besonders verdient gemacht haben.

Die Gattungen der Magnesiumlegierungen und die Handelsnamen sind bei weitem nicht so zahlreich wie die der Aluminiumlegierungen. Als Legierungsbestandteile kommen hauptsächlich in Betracht: Aluminium, Zink, Mangan und Silizium, als Verunreinigungen finden sich außerdem Eisen und

Kupfer in geringen Mengen.

Im Gegensatz zum Reinmagnesium, das bisher noch nicht genormt ist, sind die Legierungen heute normenmäßig erfaßt und zwar in DIN 1717 die Magnesium-Knet- und Gußlegierungen und in DIN 1740 die Magnesium-Spritzgußlegierungen. DIN 1717 gibt 3 Gattungen Knetlegierungen an:

Mg-Al sind "Magnesium-Knetlegierungen mit Aluminiumgehalt und gegebenenfalls geringem

Zinkgehalt",

Mg-Zn: "Magnesium-Knetlegierungen mit Zinkgehalt",

Mg-Mn: "Magnesium-Knetlegierungen mit Mangangehalt".

Die Gußlegierungen sind:

GMg-Al: "Magnesium-Gußlegierungen mit Alumi-

131

Tafel 29: Magnesium-Knetlegierungen.

Kurzzeichen und Kennfarbe	Lieferzustand		Stro gree kg/1	nze	Zu fest kei	lg- lt	Bruch- delinung δ ₁₀	Brinell- härte H 5/250/30 kg/mm ²	Verwendung
Mg-Al 3 gelb-schwarz	nicht warm be- handelt		14-	-18	24—	-29	18—8	55—60	Leicht verformbare Legierung z.B. f. Schmiedestücke mit hohen Rippen, Ätzplatten, kleine Preßteile, Pla- ketten.
Mg-Al 6 gelb-weiß-gelb	nicht warm be- handelt		18	-22	27—	-33	16—10	60—65	Übliche Legierungen für Stangen: Rohre, Profile und Schmiedestücke- beschränkt schweißbare Blechlegle- rung (kurze Schweißnähte).
	nicht warm beh.		20-	-28	28-	-37	12-6	70—80	
Mg-Al 9 gelb-blau	homogenisiert		22-	-26	32-	-38	129	65—75	Hoch beanspruchte Teile, z. B. Motor- träger, Luftschrauben.
Truste in	ausgehärtet		26-	-30	36	43	62	85—95	
Mg-Zn gelb-rot-blau	nicht warm be- handelt		16-	-18	24_	-28	18—14	50—60	Leicht verformbare Legierung, farbig beizhar, z.B. für Bürobedarf.
Mg-Mn gelb-rot	nicht	Bleche Bänder	8-	-14	19—	-23	8—3	38—45	Übliche Legierung für Bleche, gut kor-
		Stangen, Profile, Rohre	14—	-17	19	-23	5—1,5	40—50	rosionsbeständig, gut schweißbar, z.B. für Verkleidungsbleche, Kraft- stoffbehälter, Armaturen.

Die Kennfarben sollen so verwendet werden, daß die durch Fettdruck hervorgehobene Farbe gelb bei der Farbkennzeichnung durch breitere Streifen hervortritt.

Tafel 30. Magnesium-Gußlegierungen.

Kurzzeichen und Kenufarbe	Lle	Lieferzustand		Bruch- dehnnng δ ₁₀	Brinell- hārte H 5/250/30 kg/mm²	Verwendung
		nicht warmbeh.	16-20	63	5060	Dauerbeanspruchte Gußteile, z. B. Flugmotorengehäuse; homogenisiert
GMg-Al	in Sand gegossen	homogenisiert	2329	12—5	5565	für hohe Stoß- und Dehnungsbean- spruchung, ausgehärtet für hohe Be-
gelb-blau	8-8	ausgehärtet	24-29	5—1	70—90	anspruchung und Härte.
	in Kokille gegossen	nicht warm behandelt	16—24	8-2	55—65	Kokillengußteile jeder Art.
GMg-Al8-Zn gelb-schwarz			14—17	10—7	40—50	Dicht gegen Flüssigkeiten und Gase, z.B. Armaturen, Teile für Öldruck- leitungen (siehe auch GMg-Si).
GMg-Al 4-Zn gelb-grün		in Sand gegossen nicht warm behandelt		9—5	45—55	Stoßbeanspruchte Teile z.B. Flug- zeuganlaufräder.
GMg-Al 6-Zn gelb-weiß	1			6—3	5060	Dauerbeanspruchte Gußteile z. B. Motorgehäuse, Getriebegehäuse; üb- liche Legierung für Gußteile in Elekfrotechnik, Felnmechanik, Op- tik, Werkzeugmaschinenbau, Ge- rätebau.
GMg-Mn gelb-rot			811	5—2	35—40	Gut korrosionsbeständig, gut schweiß- bar, einzuschweißende Armaturen für Kraftstoff und Ölbehälter.
GMg-Si gelb-rot-schw.			9—13	4—1	40—45	Dichte Gußteile für Flüssigkeiten und Gase z.B. Armaturen, Telle für Öl- druckleitungen, in Fällen, wo die Leglerung GMg-Al 3-Zn wegen Gleß- schwierigkeiten nicht verwendbar.

miniumgehalt und gegebenenfalls geringem Zinkgehalt",

GMg-Al-Zn:,,Magnesium-Gußlegierungen mit Alu-

minium- und Zinkgehalt",

GMg-Mn: "Magnesium-Gußlegierungen mit Mangangehalt",

GMg-Si: "Magnesium-Gußlegierungen mit Sili-

zium gehalt".

Die Tafeln 29 und 30 enthalten einige Angaben über die Magnesium-Knet- bzw. Gußlegierungen nach DIN 1717.

2. Eigenschaften der Magnesiumlegierungen.

Die Festigkeit der Magnesiumlegierungen der Gattungen Mg-Al wächst mit steigendem Aluminiumgehalt, während die Dehnung sinkt. Aluminiumgehalt ist daher für Legierungen mit hoher mechanischer Beanspruchung kennzeichnend. Bei einem Aluminiumgehalt von 9% und mehr läßt sich die Festigkeit durch Aushärtung noch weiter erhöhen. Zinkgehalt erhöht die Dehnung und verbessert die Warmverformbarkeit, beeinflußt die Zugfestigkeit aber kaum. Diese Legierungen lassen sich gut durch Beizen an ihrer Oberfläche färben. Die Korrosionsbeständigkeit wird durch Manganzusatz verbessert, der auch die Schweißbarkeit verbessert. Siliziumgehalt erhöht die Dichte der Magnesium-Gußlegierung.

Tafel 31 gibt die ungefähre Zusammensetzung der Magne-

sium-Legierungen an.

Tafel 31. Ungefähre Zusammensetzung der Magnesiumlegierungen.

Gattung	Zusammensetzungen in % (Rest Magnesium)				
	Al	Zn	Mn	Si	
Mg-Al 3 Mg-Al 6 Mg-Al 9 Mg-Zn Mg-Mn GMg-Al 3-Zn GMg-Al 3-Zn GMg-Al 4-Zn GMg-Al 6-Zn GMg-Mn GMg-Mn	2—4 6—7 8—11 — 7—11 2,5—3,5 3—4,5 5—6,5 —	0—1,5 0—1,5 0—1,5 4—5 — 0—0,5 0,5—1,5 2—3,5 2—3,5 —	0—0,5 0—0,5 0—0,5 0—0,5 0—0,5 0—0,5 0—0,5 0—0,5 1—2,5		

Die deutschen Handelsnamen der Magnesiumlegierungen sind Elektronmetall, Magnewin und Magnesal.

a) Die physikalischen Eigenschaften der Magnesiumlegierungen

sind durch diejenigen des reinen Magnesiums bedingt. Eine der wichtigsten ist das geringe spezifische Gewicht. Für Gewichtsberechnungen ist eine Wichte von 1,82 g/cm³ im Durchschnitt

zu Grunde zu legen.

Zugfestigkeit, Dehnung und Härte der genormten Gattungen sind dem DINblatt 1717 zu entnehmen (Tafeln 29 und 30). In der Kälte nehmen Zugfestigkeit, Streckgrenze und Dauerbiegefestigkeit zu, Bruchdehnung und Kerbzähigkeit sinken jedoch. Legierungen der Gattung Mg-Al 9 haben die beste Warmfestigkeit. Weitere Angaben enthalten die Druckschriften der Erzeugerwerke.

Der Schmelzpunkt der Magnesiumlegierungen liegt bei

625

Das Schwindmaß beträgt rund 1,2 bis 1,6%,

Der Wärmeausdehnungskoeffizient ist 0,000023 bis 0,000027.

Die elektrische Leitfähigkeit ist geringer als die des

Aluminiums, sie beträgt (bei +20') 12—18 $\frac{m}{Ohm mm^2}$

Die Wärmeleitfähigkeit ist je nach Zusammensetzung verschieden, sie schwankt zwischen

Der Elastizitätsmodul ist 4200-4600 kg/mm².

b) Chemische Eigenschaften.

Magnesiumlegierungen überziehen sich an der Luft mit einer oxydischen Schicht, die das Metall vor weiteren Angriffen schützt. Durch geringen Manganzusatz wird die Korrosionsbeständigkeit erhöht. Diese Legierungen sind auch gegen starke Laugen (Natron- und Kalilauge, Seifenlösung usw.) beständig. Gegen Säuren sind Magnesiumlegierungen empfindlich (mit Ausnahme der Flußsäure). Gegen die meisten alkalisch oder neutral reagierenden organischen Stoffe sind sie dahingegen beständig, sofern diese Stoffe nicht unter der Einwirkung von Wasser und Licht Säuren abspalten. Besonders günstig ist das Verhalten gegen flüssige Brennstoffe, wie Benzin und Benzol, doch darf der Brennstoff nicht mehr als 10% Methylalkohol enthalten.

3. Verarbeitung der Magnesiumlegierungen.

a) Gießen.

Magnesiumlegierungen werden in Sandformen und Kokillen vergossen oder — besondere Legierungen nach DIN 1740 — für Spritzguß verwendet.

Das Schmelzen muß sehr vorsichtig durchgeführt werden, es erfolgt in Stahltiegeln. Um die Schmelze vor Oxydation zu schützen, werden magnesiumchloridhaltige Salze zugesetzt (Esrasal und Werralon). Die geringste Wandstärke ist für Sandund Kokillenguß etwa 3 mm.

Das Einformen in Sand entspricht den bei Aluminiumlegierungen üblichen Verfahren. Der Formsand erhält einen Zusatz von 3 bis 10% Schwefel und bis 1% Borsäure. Beim Kokillenguß wird ein kippbarer Warmhalteofen in den Gießvorgang eingeschaltet, in dem das flüssige Metall gut geschützt ist.

Die Gießtemperatur liegt je nach Art des Gußstückes im allgemeinen zwischen 720 und 770°. Die Höchstgrenze ist 800° und die Mindestgrenze 650°.

Der Spritzguß ist das wirtschaftlichste Gießverfahren, wenn es sich um die Herstellung von Massenteilen — nicht unter 1000 Stück — handelt, die viel oder schwierige Bearbeitung erfordern. Man kann dabei bis zu Wandstärken von 0.8 mm heruntergehen.

Für den Magnesium-Spritzguß können Druckluft-Kolben- und Kolbenpumpen-Spritzgießmaschinen verwendet werden. Das flüssige Metall darf jedoch nicht mit Luft in Berührung kommen. Es wird mit Überdrucken von 70 bis 100 at gearbeitet. Die Toleranzen von Magnesium-Spritzgußteilen betragen bis 13,5 mm: ± 0.02 mm, über 13,5 mm $\pm 0.15\%$, sie können in Sonderfällen auch geringer gehalten werden. Eingegossene Bohrungen unter 2 mm sind nicht auszuführen. Für nicht durchgehende Löcher ist die größte Tiefe 3 x Durchmesser, für durchgehende Löcher größte Länge 6 x Durchmesser. Gewinde können eingegossen werden. Magnesium-Spritzguß ist in weitgehendem Umfange zu verwenden. Als wichtigste Konstruktionsregeln für Magnesium-Spritzguß sind zu beachten: Wanddicken zwischen 2 und 3 mm sind die günstigsten. Alle Verstärkungen sind als Verrippungen auszuführen. Um die Herausnahme des Gußteiles zu erleichtern, soll man große Konizitäten zulassen. Scharfe Kanten an Konturenübergängen sind unter allen Umständen zu vermeiden.

Einspritzteile können wie bei anderen Spritzgußlegierungen vorgesehen werden, dabei eignet sich Stahl am besten. DIN 1740 enthält zwei Gattungen von Spritzgußlegierungen, nämlich SpG Mg-Al 9 und SpG Mg-Al 6. Die Wahl der Legierung ist abhängig von der Gestaltung des Werkstückes.

b) Spanlose Formung.

Gute Formgebung durch Schmieden und Pressen ist für fast alle Magnesiumlegierungen bei einer Temperatur von 300° möglich. Stangen, Rohre und Profile werden auf Strangpressen hergestellt (Temperatur 300 bis 400′). Die mechanischen Eigenschaften der Legierung werden durch Pressen und Schmieden erheblich verbessert.

Magnesiumlegierungen lassen sich walzen und im Gesenk

schmieden.

Bei Raumtemperatur lassen sich nur geringe Verformungen durchführen. Die Biegeradien betragen das fünf- bis zehnfache der Blechdicke. Kaltverformte Teile aus Mg-Al 6 und Mg-Al 9 müssen nach dem Verfahren bei etwa 150 bis 200 nachgeglüht

werden. Mg-Mn ist dagegen unempfindlich.

Die Tiefziehfähigkeit der Magnesiumlegierungen ist etwas geringer als die der Aluminiumlegierungen, sie wird bei Temperaturen von 280 bis 390° ausgeführt. Die Werkzeuge müssen eine um etwa 50° höhere Temperatur haben als das Werkstück. Als Schmiermittel verwendet man heißflüssiges Palmin, das mit rd. 200° nach dem Einlegen der Werkstücke auf die Ziehringe gespritzt wird. Die Tiefziehgeschwindigkeit soll 2 mm/sek nicht überschreiten.

Magnesiumblech läßt sich schweißen, am besten eignet sich dafür die Gattung Mg-Mn. Die Einhaltung der Vorschriften der Erzeugerwerke ist dabei Grundbedingung. Man kann sowohl Gasschmelzschweißung als auch Arcatom- und elektrische Schweißung verwenden. Das Verfahren entspricht dem bei

Aluminiumlegierungen angewendeten.

Das Löten der Magnesiumlegierungen hat seine Schwierig-

keiten, die noch nicht als überwunden gelten können.

Gerüst und Blechkonstruktionen aus Magnesiumlegierungen lassen sich durch Nietung verbinden, doch müssen die zu verbindenden Teile vorher durch einen Lacküberzug isoliert werden. Für die Magnesiumlegierungen ist ein besonderer Nietwerkstoff unter der Bezeichnung Hy 5 entwickelt worden, eine Aluminiumlegierung mit 3 bis 5% Magnesium. Aus Magnesiumlegierungen können keine Niete hergestellt werden, da sie sich nicht kalt schlagen lassen und eine zu niedrige Scherfestigkeit haben.

Dasselbe, was für das Nieten gesagt wurde, gilt auch für Verschraubungen. Eiserne Schrauben müssen zur Vermeidung von Korrosionen vor dem Einziehen in Lack getaucht werden. Gegenüber Holz ist Magnesium zu isolieren, da Holz Wasser aufnimmt und dieses mit Säure zersetzt wieder abgibt.

c) Spangebende Formung von Magnesiumlegierungen.

Magnesiumlegierungen sind wesentlich besser mit spanenden Werkzeugen zu bearbeiten als andere Metalle, nur müssen einige wichtige Punkte dabei beachtet werden. Infolge der geringen Wärmeentwicklung durch den geringen Zerspanungswiderstand, der z. B. nur den 6,7ten Teil gegenüber Stahl beträgt, kann mit sehr hohen Geschwindigkeiten gearbeitet werden. Nach Versuchen des AWF können bei einem Spanquerschnitt von 1 mm² beim Drehen Schnittgeschwindigkeiten von 500 m/min und darüber angewendet werden. Hartmetallschneiden lassen Geschwindigkeiten von 1000 bis 1500 m/min zu, sofern die Werkzeugmaschine sie leistet.

Beim Drehen fallen die Späne als dünne zusammenhängende Bänder an, wenn Vorschub und Keilwinkel klein sind, dagegen geben grober Vorschub bei größerem Keil- und kleinerem Spanwinkel kurzen, spritzigen Span. Den Vorschub wähle man beim Schruppen mit 2 mm/Umdr. Bei hohen Geschwindigkeiten möglichst nicht unter 0,5 mm/Umdr. Bei stumpfen Stählen und zu kleinem Vorschub entsteht Entzündungsgefahr durch Rei-

bungswärme.

Für normale Dreharbeit wähle man folgende Schleifwinkel: Spanwinkel 15 bis 25°, Keilwinkel 50 bis 60°, Freiwinkel 8 bis 10°.

Gewinde lassen sich sowohl mit dem Gewindestahl als auch mit Strählern herstellen. Die Schnittgeschwindigkeit kann dabei bis zu 400 m/min steigen. Man beginnt beim Strählen mit grober Zustellung und strählt mit feiner Zustellung fertig; die Zustellung kann höher sein als bei anderen metallischen Werkstoffen. Die Anzahl der Zustellungen richtet sich nach der Steigung des Gewindes z. B. bei einer Steigung von 1,5 mm drei Zustellungen.

1. Zustellung grob, 2. Zustellung mittel, 3. Zustellung fem.

Beim Gewindebohren sind Werkzeuge mit großen Spannuten zu verwenden. Der Schneidstollen der Gewindebohrer ist mit einem Brustwinkel von 20 bis 25' zu versehen. Es sind möglichst Bohrer mit geschliffenen Flanken und für Innengewinde über 30 mm Durchmesser selbsttätig schließende Schneidköpfe

zu verwenden.

Fräsen kann man mit Schnittgeschwindigkeiten von 300 bis 1500 m/min je nach Werkzeug, und mit Vorschüben von 1,5 m/min. Man verwendet zweckmäßig Sonder-Walzenfräser wie sie von den Werkzeugfabriken für die Bearbeitung von Magnesiumlegierungen hergestellt werden.

Für das Sägen mit Bandsägen ist eine starke Schränkung der Säge von etwa 1 bis 1,2 mm bei mindestens 4 mm Teilung erforderlich. Schnittgeschwindigkeiten von 600 m/min sind bei einem Vorschub von 800 mm/min in Dauerbetrieb erzielt worden.

Das Schleifen von Magnesiumlegierungen bedingt die Wahl geeigneter Schleifscheiben, worüber die einschlägigen Werke

Auskunft erteilen.

Beim Hobeln und Stoßen kann mit einer Schnittgeschwindigkeit von 100 m/min gearbeitet werden. Entscheidend dafür

ist in der Regel die Leistungsfähigkeit der Maschine.

Beim Bohren arbeitet man mit Schnittgeschwindigkeiten von 150 bis 200 m/min bei Bohrern aus Werkzeugstahl; Schnellstahl gestattet 200 bis 300 m/min. Ohne Bohrbuchse kann die Geschwindigkeit um 50% erhöht werden. Für weniger tiefe Löcher kann man Bohrer mit steilem Drall wählen, für tiefere Löcher verwendet man Bohrer mit einer flachen Steigung. Die Bohrerspitze erhält einen Anschliff von 120 bis 140³ und einen Hinterschliff von etwa 10³.

Zum Reiben verwendet man am besten spiralverzahnte Reibahlen. Feilen mit großem Hieb und mit gerundetem

Zahngrund eignen sich für Feilarbeiten am besten.

Lange Werkstücke lassen sich auch auf Räummaschinen

bearbeiten und zwar meist in einem Zuge.

Kühlung und Schmierung bei der spanenden Bearbeitung

von Magnesiumlegierungen.

Man soll möglichst trocken arbeiten und zum Kühlen allenfalls Preßluft verwenden. Die Verwendung von wasserhaltigen Ölgemischen ist wegen Brandgefahr verboten. Bei Druckluft ist in die Leitung ein Wasserabscheider einzubauen, um Wasser-

tropfen und Wasserspritzer zu vermeiden.

Eine übertriebene Furcht vor Brandgefahr, wie sie sich hier und da noch findet, ist unangebracht, doch sind gewisse Vorsichtsmaßregeln einzuhalten. Bei richtiger Arbeitsweise treten kaum Spänebrände auf, doch können sie beim Arbeiten mit stumpfen Werkzeugen bei feinster Spanabnahme und durch Entzündung von Staub durch Funken entstehen, die durch Schlagen mit Stahlwerkzeugen auf Stahlteile hervorgerufen werden. Behördlicherseits sind Sicherheitsvorschriften erlassen, deren strenge Einhaltung Pflicht eines jeden Magnesium verarbeitenden Werkes ist. Sie sind im Reichsarbeitsblatt Nr. 23 vom 15.8.38 veröffentlicht worden.

Bisher wurden als Löschmittel bei Magnesiumbränden immer trockener Sand oder trockene Graugußspäne empfohlen. Sand ist aber bei Bränden an Werkzeugmaschinen schlecht zu verwenden, weil er Gleitflächen und Gewinde zerstören kann. Deshalb ist es zu begrüßen, daß neuerdings ein MagnesiumSonderlöscher entwickelt wurde, der mit einem besonderen Löschmittel "Magnexin" arbeitet, das eine ausgezeichnete Löschwirkung hat. Die Verwendung dieses Löschers ist vom Reichsarbeitsminister zugelassen worden.

d) Oberflächenbehandlung und Oberflächenschutz der Magnesiumlegierungen.

Außer den mechanischen Verfahren der Oberflächenbehandlung, Schleifen und Polieren, die sich bei allen Magnesiumlegierungen einfacher, leichter und besser ausführen lassen als bei Aluminium und Alu-Legierungen, kommen in Frage besondere Beizverfahren, Lackieren und elektrische Oxydation. Das Beizen erhöht die chemische Beständigkeit aller Magnesiumlegierungen, bewirkt eine leichte Aufrauhung der Oberfläche und ergibt einen guten Haftgrund der nachfolgenden Farb- und Lackanstriche. Benutzt werden vor allen Dingen Chromatbeizen und stark oxydierende Beizbäder.

Für Lack- und Farbanstriche werden benutzt Öllacke, Zellu-

loselacke und Einbrennlacke.

Die elektrische Oxydation ist nach dem Elomag-Verfahren der Langbein-Pfanhauserwerke A.-G., Leipzig, möglich. Dieses Verfahren arbeitet ähnlich wie die bei Aluminium be-

schriebenen Eloxalverfahren.

Plattierungen sind bei allen Magnesiumlegierungen unmöglich, da sich dabei zwangsläufig Lokalelemente bilden und Korrosion auftritt. Ebenso ist das Aufbringen von galvanischen Überzügen und gespritzten Überzügen nach dem Verfahren von Schoop bei allen Magnesiumlegierungen unmöglich.

4. Verwendungsgebiete der Magnesiumlegierungen.

Es ist natürlich erwünscht, ein Metall, das wie Magnesium vollständig aus deutschen Rohstoffen hergestellt wird, in weitestgehendem Umfange zu verwenden. Doch soll man dabei nicht wahllos verfahren, sondern sorgfältig Anforderung an die herzustellenden Teile und Eigenschaften der Magnesium-

legierungen gegeneinander abwägen.

Hochfeste, zähe Stähle kann man nicht durch Magnesiumlegierungen ersetzen. Man muß ferner auf die Korrosionsgefahr Rücksicht nehmen und sorgfältig prüfen, ob nicht auch Zerstörungen trotz Anwendung der erprobten Schutzmaßnahmen möglich sind; ist das der Fall, so kommen Magnesiumlegierungen nicht in Frage. Schließlich muß auch die immerhim etwas beschränkte Verformbarkeit der Magnesiumlegierungen in Rechnung gestellt werden. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen bleiben immer noch reichlich Verwen-

dungsgebiete für Magnesiumlegierungen.

Große Vorteile bietet in erster Linie das geringe Gewicht, das in vielen Fällen für die Wahl des Werkstoffes ausschlaggebend ist. Das gilt für alle Fahrzeuge, insbesondere Flugzeuge. Kraftwagen, Triebwagen, Schiffe, militärische Fahrzeuge usw. Aber auch für viele Werkzeugmaschinen, vor allem Handwerkzeuge und Geräte, Meßwerkzeuge, Formkästen, Vorrichtungen, Apparate u. v. a. m. Vorteilhaft ist die Verwendung von Magnesiumlegierungen auch bei Teilen, die besonders stark und vielseitig zu bearbeiten sind. Die Ersparnisse an Bearbeitungszeit wiegen meist die Mehrkosten des Werkstoffes auf. Die anfallenden Späne werden von den Herstellern der Magnesiumlegierungen aufgekauft.

In der chemischen Industrie finden Magnesiumlegierungen wegen ihrer Beständigkeit gegenüber Flußsäure Verwendung,

sie helfen Blei sparen.

Ein zweckmäßiger Ausgleich von Magnesium- und Aluminium-Legierungen ist zu erstreben, damit die letzteren für Zwecke frei werden, wo sie besonders am Platze sind und Schwermetalle verdrängen. Magnesiumlegierungen können z. B. an Stelle von Aluminiumlegierungen für Baubeschläge, Treppengeländer Innenausbau von Läden, Teilen von Büromaschinen, Nähmaschinen usw. verwendet werden.

IV. Die Prüfung der Leichtmetalle.

Die mechanische und technologische Prüfung der Leichtmetalle zur Feststellung ihrer mechanischen Eigenschaften, wie
Festigkeit, Elastizität, Zähigkeit, Verformbarkeit und Härte
wird nach den gleichen Verfahren und mit denselben Hilfsmitteln durchgeführt wie bei den Schwermetallen. Da darüber
im Teil I dieses Werkes eingehend gesprochen wurde, braucht

an dieser Stelle nur darauf verwiesen zu werden.1)

Zur Prüfung der chemischen Widerstandsfähigkeit von Leichtmetallen sind besondere Prüfmethoden verschiedener Arten in Anwendung, Sogenannte Kurzprüfmethoden ermöglichen Rückschlüsse auf die Korrosionsbeständigkeit von Aluminium und Aluminiumlegierungen gegenüber vielen Chemikalien, Seewasser, Atmosphärilien usw. Als heute allgemein anerkannte Kurz- und Schnellprüfmethoden gelten:²)

1. Die Salzsprühprobe,

2. die oxydische Kochsalzprobe,

3. die Mischsäureprobe,

4. die thermische Salzsäureprobe,

5. die gasvolumetrische Salzsäureprobe.

Spannungskorrosionsversuche.

Äußerlich sind die verschiedenen Aluminiumlegierungen nicht voneinander zu unterscheiden, auch Bruchproben lassen kaum einen Schluß auf die Zusammensetzung zu. Die Bestimmung der Legierung durch chemische Analyse ist zeitraubend, kostspielig und kann nur in einem gut eingerichteten chemischen Laboratorium durchgeführt werden.³) Dagegen ermöglichen die in der Zeitschrift "Aluminium"⁴) angegebenen Methoden mit

2) N\u00e4heres dar\u00fcber in dem einschl\u00e4gigen Schrifttum (Verzeichnis am Ende dieses Buches).

3) Chemische Analysen-Methoden für Al und Al-Legierungen, Aluminium-Zentrale, Literarisches Büro Berlin W 50.

 ^{,,}Werkstoffe" I. Teil, Abschnitt B ,,Werkstoffprüfung" Seite 38 u. f.

⁴) v. Zeerleder (Aluminium 1934, Nr. 10, S. 88/90), M. Boßhard (Aluminium 1935, Nr. 1, S. 13—15), E. Zurbrügg (Aluminium 1938, Nr. 3, S. 196—200). Siehe auch "Aluminium-Taschenbuch, S. Auflage 1939.

einfachen Mitteln eine rasche Unterscheidung der verschiedenen Aluminiumlegierungen und die Feststellung, in welchem Zustand (weich, hartgewalzt, ausgehärtet) der Werkstoff vorliegt.

Zur Bestimmung der Legierungsgattung werden sogenannte Tüpfelproben und zur Feststellung des Zustandes vergleichende

Härteprüfungen vorgenommen.

Die Tüpfelproben sind einfache chemische Verfahren, die jeder Ingenieur oder Meister an Hand der Angaben in den Veröffentlichungen leicht ausführen kann. Die vergleichenden Härteprüfungen sind Ritzhärteprüfung oder einfache Kugeldruckprobe ohne besondere Vorrichtungen und Maschinen. Hier kann mit Rücksicht auf den Umfang dieses Buches nicht näher auf die einzelnen Verfahren eingegangen werden, es sei deshalb auf das in der Fußnote angegebene Schrifttum, besonders auf das "Aluminium-Taschenbuch" verwiesen.

Nichtmetalle

Wenn die Metalle in der Metalltechnik, wie im Maschinenbau und in der Elektrotechnik, auch immer noch die am meisten verwendeten Werkstoffe sind, so spielen doch auch Nichtmetalle eine große Rolle. Teils als Hilfsstoffe, wie Brennstoffe und Treibmittel, Schmier-, Kühl-, Schleif-, Poliermittel, Farben, Lacke, Kitte u. a. m., teils unmittelbar als Werkstoffe für bestimmte Zwecke, wie Holz, Gummi, Leder, Glas, Porzellan und vor allem die immer mehr Bedeutung gewinnenden, auf chemischem Wege hergestellten, neueren Kunststoffe, die in vielen Fallen soger schon an die Stelle von Metallen getreten sind. Eine Einteilung der nichtmetallischen Werkstoffe ist wegen der großen Zahl verschiedenartigster Stoffe sehr schwer möglich. Grob kann man zwei Hauptgruppen unterscheiden: Naturstoffe und Kunststoffe. Eine scharfe Abgrenzung zwischen beiden ist jedoch nicht möglich, weil viele Naturstoffe auch erst verwendbar sind, nachdem sie eine Umwandlung oder Veredelung erfahren haben. Zu den Naturstoffen könnte man rechnen: Kraft- und Brennstoffe, wie Kohlen, Torf, Erdöl; ferner Holz-Leder. Naturkautschuk; pflanzliche und tierische Gespinst, fasern, Öle, Fette, Lacke, Kitte; Naturharze wie Baumharz, Asphalt, Erdwachs, Erdpech; Mineralien und die daraus unmittelbar erzeugten keramischen Stoffe, Glaser usw. Doch schon bei den letztgenannten Stoffen erhebt sich die Frage, ob sie nicht richtiger zu den Kunststoffen zu rechnen sind. Viele der anderen Naturstoffe erfahren ebenfalls eine mehr oder weniger umfassende Behandlung, bevor sie als Werkstoffe verwendet werden können. Im allgemeinen bezeichnet man jedoch als Kunststoffe die auf chemischem Wege aus anorganischen oder organischen Stoffen hergestellten Kunstharze und anderen Kunststoffe, synthetischen Öle und Fette, Kunstfasern (Kunstseide, Zellwolle), Kunsthölzer, Kunstkautschuke, und plastischen Massen verschiedener Arten. Ferner gehören viele Klebstoffe, Kitte, Farben, Polier- und Schleifmittel u.a. zu den Kunststoffen. Schon aus dieser kurzen Übersicht ersieht man, wie groß das Gebiet der nichtmetallischen Werkstoffe im allgemeinen und der Kunststoffe im besonderen ist. Deshalb ist es auch unmöglich, in diesem Zusammenhange alle Nichtmetalle zu behandeln, wir müssen uns vielmehr auf eine Auswahl beschränken.

A. Kraft- und Brennstoffe (Treibstoffe)

I. Kohle.

Die Kohle (Stein- und Braunkohle) steht in Deutschland als Energieträger an der Spitze, Mineralöle und Holz treten demgegenüber — abgesehen von Sonderzwecken — in den

Hintergrund.

Wenn die deutschen Wasserkräfte in den letzten Jahren auch stark ausgebaut sind, so können sie doch nur einen kleinen Bruchteil der in Deutschland verlangten Energie liefern. Der Wind spielt bei uns als Energiequelle — wenigstens zur Zeit noch — eine sehr geringe Rolle.

Holz ist als Brennstoff zu wertvoll, es ist wichtiger als Nutzholz und im aufgeschlossenen Zustande als Ausgangsstoff für Papier, Kunstseide, Zellwolle und Kunststoffe auf Zellstoff-

grundlage.

Unsere Mineralölvorräte sind gering, so daß sie nur in mäßigem Ausmaße an Stelle der Kohle als Energiespender in Frage kommen. Außerdem ist auch mit einem Versiegen der überhaupt auf der Erde verfügbaren Mineralöllager weit früher zu rechnen als mit dem Verbrauch der vorhandenen Mengen Kohle, namentlich der Steinkohle. Diese ist daher z. Zt. sowohl in fester als auch in verflüssigter Form der wichtigste Energicträger.

Die Kraftquellen verteilen sich auf der Erde etwa in folgen-

den Anteilen:

Steinkohle 77%, Braunkohle 2%, Erdöl 16%, Wasser 5%. In Deutschland decken Stein- und Braunkohle fast 90% des gesamten Energiebedarfs. Der Anteil Großdeutschlands an den

Kohlenvorräten der Welt beträgt heute etwa 20%.

Die Kohle wird teils unmittelbar, teils mittelbar verwendet. Um den Wert der geförderten Kohle zu steigern, wird sie so vorbereitet und so umgeformt, daß sie sich unter günstigeren Bedingungen verwerten läßt, als wenn sie einfach verbrannt würde, wie sie der Bergmann zu Tage fördert. Man kann die Aufbereitung der Kohlen nach zwei Richtungen einteilen:

1. Mechanische Aufbereitung der Kohle.

a) Trocknung, besonders bei grubenfeuchter Braunkohle,

 b) Sichten nach Stückgröße und Waschen zur Beseitigung von Gestein,

c) Pressen von getrockneter feinkörniger Kohle zu Briketts,

d) Zermahlen der Kohle zu Kohlenstaub, der unter günstigeren Bedingungen verbrennt wie die feste Kohle.

2. Chemische Umwandlung der Kohle.

a) Entgasung bei hoher Temperatur (Verkokung). Gewinnung von Leucht- und Kokereigas, Gaskoks, Zechenkoks, Steinkohlenteer und Benzol.

b) Entgasung bei niedriger Temperatur (Verschwelung). Gewinnung von Halbkoks, Benzin, Dieselöl und Schwel-

c) Vergasung in Gasgeneratoren zu Brenngas, Erzeugung

von Generatorgas und Wassergas.

d) Kohleverflüssigung: Chemische Umwandlung fester Kohle in Flüssigkeiten, Teere, Teeröle usw.

e) Weiterverarbeitung der Teeröle zu anderen Stoffen.

Die auf mechanischem Wege aufbereitete Kohle wird unmittelbar in Feuerungsanlagen zur Erzeugung von Dampf für den Betrieb der Dampfmaschinen oder zur Heizung verwendet. Teilweise wird sie aber auch in sogenannten Generatoren in geeigneter Weise vergast; das so erzeugte Gas wird für den Betrieb von Gasmotoren verwendet.

Die Erzeugnisse der chemischen Umwandlung der Kohle finden eine ausgedehnte Verwendung, sie bilden die wesentlichste Grundlage der Chemie der Kunststoffe.

Die Verkokung der Steinkohle in Gaswerken und Zechenkokereien, die schon im ersten Teil dieses Buches kurz besprochen wurde, liefert, wie das "Schema der Kohlevergasung" Abb. 21 zeigt, neben Koks, Gas, Ammoniak und Benzol den wertvollen Teer.

Bei der Leuchtgaserzeugung bleibt in der Retorte der Koks zurück, während neben dem Leuchtgas Ammoniakwasser und Teer zunächst in Dampfform entweichen. Das Ammoniakwasser hat man schon frühzeitig zur Gewinnung von Ammoniak verwendet. Mit dem Teer aber wußte man nichts Rechtes anzufangen. In geringem Umfange benutzte man ihn zum Anstrich von Holz, zur Herstellung von Ruß und teilweise auch als Feuerungsmaterial. Dem Gas wurde auch das Benzol nicht entzogen, wodurch die Leuchtkraft des Gases stark beeinträchtigt wurde. Durch zufällige und erforschte Entdeckungen ist schließlich im Laufe der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und teilweise noch im ersten Drittel dieses Jahrhunderts die heute so wichtige Industrie der Teerverwertung entstanden. Auf die Einzelheiten der Teerchemie näher einzugehen würde zu weit führen¹), hier sei nur eine kurze Darstellung gegeben:

¹⁾ Siehe "Schrifttumsverzeichnis" im Anhang.

Der Teer wird nach Entwässerung durch stufenweise Destillation in eine ganze Reihe von Ölen zerlegt. Beim Verdampfen des Teers tritt zuerst bei etwa 170 das Leichtöl aus. Es folgen Mittelöl. Schweröl und schließlich zwischen 270 und 340° das Anthrazenöl. Diese ersten, rohen Destillate werden in weiteren Arbeitsgängen in viele Anteile mit immer engeren Siedegrenzen aufgespalten. Aus vielen der bei höheren Temperaturen siedenden Ölen scheiden sich beim Abkühlen feste Stoffe aus z. B. das Naphtalin und das Anthrazen (Abb. 22). Durch eine Reihe chemischer Vorgänge werden folgende Stoffe rein erhalten: Benzol, Toluol, die Xylole, Pyridin, Phenol, die Kresole, Naphtalin, Anthrazen. Neben diesen oder durch deren Weiterverarbeitung werden schließlich weitere chemische Verbindungen abgeschieden. Es sind aber bis heute noch lange nicht alle Möglichkeiten der Teerdestillation erschöpft. Viele im Teer in geringen, aber auch andere, in ziemlich großen Mengen darin enthaltene Verbindungen werden bisher noch nicht technisch verwertet. Aus Teerölen und deren Abkömmlingen werden durch Weiterverarbeitung Motortreibstoffe, Sprengstoffe, Farbstoffe, Duftstoffe, Heilmittel, Harze und Lacke Schmiermittel, Öle und Fette für die Seifenerzeugung u. v. a. m. hergestellt. Die schematischen Darstellungen Abb. 21 und 22 geben einen Überblick über die wichtigsten, ersten Teerdestillate, die als Ausgangsstoffe für andere dienen.

Die Kohleverschwelung.

Stein-, Braunkohle und Torf werden bei niedrigerer Temperatur, als die Verkokung der Steinkohle erfordert, verschwelt. Man versteht darunter einen Vorgang, der der Verkokung ähnelt, bei dem jedoch infolge der niedrigeren Temperatur — etwa 500° — eine Teerflüssigkeit anfällt, die bei höherer Temperatur vernichtet wird, der Urteer. Dieses Kohlendestillat steht stofflich dem Erdöl sehr nahe und vermag dieses voll zu ersetzen. Urteer eignet sich, da auch Naphtalin und Anthrazen darin fehlen, zur Herstellung von Schmierölen, Dieselölen, sBenzin u.a. Bei der Verschwelung der Kohle fällt zweibi dreimal so viel Urteer an als Normalteer bei der üblichen Verkokung. Der zurückbleibende Halbkoks ist so fest, daß er sich noch zur Kesselfeuerung eignet. Jede gasreiche Steinkohle, etwa ein Drittel unserer Braunkohle und Torf eignen sich zur Verschwelung.

Kohleverflüssigung.

Darunter versteht man einen Vorgang, bei dem mit einem Druck von 200 Atmosphären bei einer Temperatur von rund 500° aus Teer und Kohle Benzin gewonnen wird. Der Ausdruck

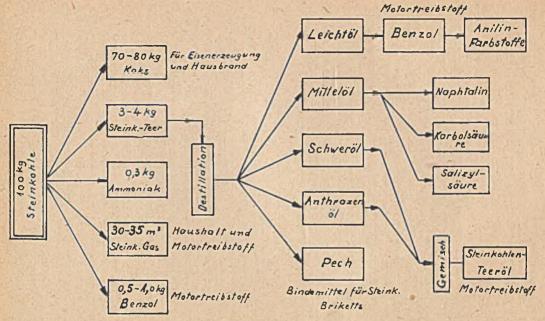


Abb. 21 Verkokung der Steinkohle, Teerdestillate.

Kohleverflüssigung ist nicht ganz eindeutig, man könnte darunter ein Flüssigmachen der Kohle durch Schmelzen verstehen, das ist jedoch nicht der Fall. Man spricht lediglich deshalb von der Kohleverflüssigung, weil durch den Vorgang eine Flüssigkeit, das Benzin, entsteht.

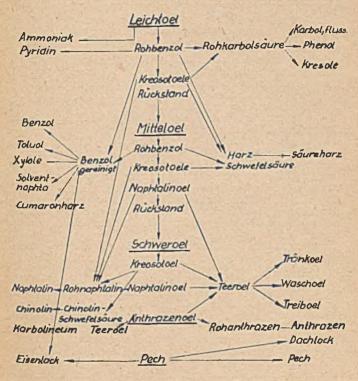


Abb. 22. Aufarbeitung der ersten Teerdestillate.

Die Benzingewinnung aus der Kohle baut auf der Ammoniaksynthese, der Gewinnung von Stickstoff aus der Luft auf. Das bekannte Leuna-Benzin wird aus Braunkohle gewonnen. Andere Verfahren gehen von der Steinkohle aus-Neuerdings sind auch erfolgreiche Versuche mit Torf durch-

geführt worden. Nach einem von dem Heidelberger Professor Friedrich Bergius entwickelten Verfahren wird feingemahlene Kohle mit Schwerölen zu einem Brei vermischt, der bei einem Druck von etwa 200 at und einer Temperatur von 450° ausgerührt wird. Durch Zufuhr von Wasserstoff, den der Kohlebrei unter Druck und Hitze aufnimmt, entsteht das Benzin.

II. Holz.

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts wurde der Brennstoffbedarf allgemein fast ausschließlich durch Holz gedeckt, in besonders holzreichen Ländern spielte das Holz noch bis in die jüngste Zeit hinein als Brennstoff eine große Rolle. Der Hausbrand wird auch bei uns häufig noch, besonders auf dem Lande.

größtenteils durch Holz bestritten.

Das Holz unserer heimischen Baumarten wie Eiche, Buche, Birke, Tanne, Fichte, Kiefer hat fast die gleiche chemische Zusammensetzung, nämlich 49% Kohlenstoff, 44% Sauerstoff, 6% Wasserstoff und 1% andere Stoffe. Der Aschegehalt ist kleiner als 1%, Frisches Holz enthält bis zu 60% Wasser. Der Wassergehalt verringert sich durch Trocknung an der Luft auf 20 bis 10%. Da der Wassergehalt der Bäume im Winter geringer ist als im Frühjahr, so ist der Winter die günstigste Zeit zum Bäumefällen. Harthölzer (Eiche, Esche, Buche, Ahorn) haben geringeren Wassergehalt als Weichhölzer (Tanne, Fichte, Kiefer, Linde, Pappel).

Spielt das Holz als Brennstoff heute auch nur eine untergeordnete Rolle, so ist seine Bedeutung für die Technik den-

noch nicht geringer geworden.

Erhitzt man Holz unter Luftabschluß, dann vergast es. Die entweichenden Gase bestehen hauptsächlich aus Kohlenoxyd, Kohlendioxyd und Wasserstoff. Außerdem entstehen aber auch Dämpfe von Holzessig und Holzteer. Als fester Rückstand verbleibt Holzkohle, die fast aus reinem Kohlenstoff besteht.

In neuzeitlichen Holzverkohlungsanlagen werden die entweichenden Gase aufgefangen und in Kühlern niedergeschlagen. Die brennbaren Gase werden dabei als solche gewonnen und einer Feuerung als Brennstoff zügeleitet. Bei dem früher üblichen Verfahren der Holzkohlenerzeugung in sogenannten Meilern ging das wertvolle Gas verloren.

III. Erdöl.

Das Erdöl, das zu der großen Familie der Kohlenwasserstoffe gehört, ist auf der ganzen Erde verbreitet, wenn es auch nicht überall in abbauwürdigen Mengen vorhanden ist. Die Kohlenwasserstoffe sind chemische Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff, ihre Zahl ist sehr groß. In der Erdrinde finden sie sich fossil und zwar im festen, flüssigen und gasförmigen Zustand. Fest findet man sie als Erdwachs, Erdpech, Asphalt; flüssig als Erdöl; gasförmig als Erdgas. Diese fossilen Kohlenwasserstoffe ruhen meist tief vergraben in der Erde. Nur an wenigen Stellen, wo sie zutage treten, wurde der Menschschon frühzeitig auf sie aufmerksam. Im Haushalt der Menschleit und in seiner Technik werden sie jedoch erst seit wenigen Jahrzehnten verwendet.

Die technische Verwendung des Erdöls begann nach der Erbohrung eines unterirdischen Erdöllagers am 29. August 1859 bei Titusville in Pennsylvanien durch den Amerikaner E. L. Drake. Von diesem Tage ab begann das Erdöl seinen Siegeslauf um den Erdball und wurde die Ursache wirtschaftlicher Spekulationen, politischer Auseinandersetzungen ebenso wie

bedeutsamer technischer Fortschritte.

Untersuchungen und die Analogie der Steinkohle mit dem Erdöl lassen erkennen, daß pflanzliche und tierische Stoffe die Ausgangsstoffe des Erdöls sind. Diese organischen Körper wurden durch den Druck der im Laufe sehr langer Zeiträume über ihnen aufgehäuften Erdmassen, die sie nicht verwesen ließen, in Erdöl umgewandelt. Aus den pflanzlichen und tierischen Fetten entstand langsam durch einen umständlichen Destillationsvorgang das Urerdöl, in dem die schweren Schmieröle überwiegen. Diese schweren Stoffe verwandelten sich durch weitere natürliche Destillation in leichtere Öle, die stellenweise in Erdgase übergegangen sind. Die Art des sich bildenden Stoffes: Erdwachs, Asphalt, Erdpech, Erdöl oder Erdgas hängt aber auch sehr stark von den erdigen Senkschichten ab, in denen die Entwickelung vor sich ging.

Erdöl ist dickflüssig, braun, rothraun, schwarzbraun, aber auch hellgelb. Das Gewicht von 1 dm³ Erdöl schwankt zwischen

0,73 und 1,06 kg.

Die oberen Erdschichten sind heute soweit erforscht, daß man weiß, wo Erdöl vorhanden sein kann. Völlige Rlarheit verschaffen jedoch erst Probebohrungen. Wenn man bei solchen Bohrungen auf ein Öllager gestoßen ist, wird das Öl durch Tiefpumpen herausgepumpt. Manche Öllager bestehen jedoch nur aus ölhaltigem Schlamm, der dann bergmännisch durch Schächte zu Tage gefördert und in einem Rührwerk unter Zufuhr von Dampf vom Öl befreit wird. Erdöl wird in seiner rohen Form selten verwendet. Meist wird es destilliert, wobei zuerst der leichteste Bestandteil, das Benzin, verdampft, sodann Petroleum und Gasöl. Schließlich sieden auch die schweren Öle, die Ausgangsstoffe für die Mineralschmier- und Isolier-

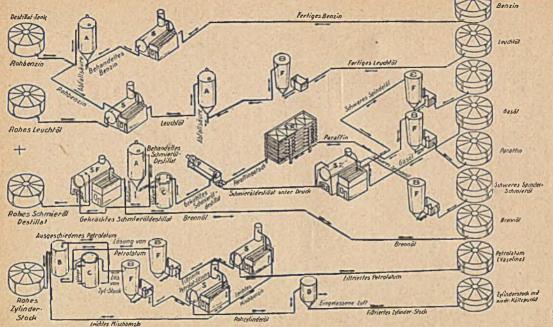


Abb. 23. Schematische Darstellung der Rohölraffination.

öle. Das Schema der Rohölraffination Abb. 23 gibt die Stoffe an, die aus dem Erdöl durch stufenweise Destillation und durch chemische Aufspaltung, das sogenannte Crackverfahren, gewonnen werden

Ein Rückstand der Erdölverarbeitung, das Masut oder Heizöl, ist ein flüssiger Brennstoff von hohem Heizwert, der häufig als Brennstoff für Schiffsdampfkessel verwendet wird.

IV. Andere Brennstoffe.

a) Erdgas

findet sich manchmal in der Nähe von Erdöllagern, es kommt hier und da aber auch unabhängig vom Erdöl vor, die Lager versiegen jedoch meist schnell.

b) Azetylengas.

Fein gemahlener Koks und Kalk werden bei hoher Temperatur im elektrischen Ofen zu einer flüssigen Masse, dem Kalziumkarbid vereinigt. Nach dem Erkalten bildet es steinartige Stücke, die in Blechgefäßen trocken aufbewahrt werden müssen Tritt zu diesem Stoff Wasser, so verbindet sich der Kohlenstoff des Karbids mit dem Wasserstoff zu einem Gas, dem Azetylen (C₂H₂), während Kalkschlamm zurückbleibt. Azetylen ist ein farbloses, eigentümlich scharf riechendes Gas von hohem Heizwert (13.000 kcal/m³ gegenüber 4800 kcal/m³ des Leuchtgases). Es spielt als Brenngas für Gassehweiß- und Schneidanlagen (autogenes Schweißen und Brennschneiden) eine große Rolle. Aus einem kg Karbid entstehen etwa 300 Liter Azetylen. Die größte Bedeutung hat das Azetylen als Ausgangsstoff für eine ganze Anzahl wichtiger Synthesen gewonnen, auf die an anderer Stelle näher eingegangen wird.

c) Wasserstoff.

Das reine Wasserstoffgas kann auf verschiedenen Wegen durch Zersetzung von Wasser gewonnen werden, vielfach geschieht das durch Elektrolyse des Wassers. In der chemischen Industrie jedoch meist durch Einblasen von Luft in auf Weißglut erhitzten Koks. Dabei entweicht das sogenannte Generatorgas, ein Gemenge von Stickstoff, Kohlenoxyd und etwas Kohlensäure. Dann wird durch den glühenden Koks Wasserdampf geblasen, es entsteht das Wassergas, eine Mischung von Kohlenoxyd und Wasserstoff. Das Wassergas wird nun zusammen mit Wasserdampf in der Kontaktwasserstofffabrik über einen Katalysator geleitet, der die Umsetzung des Wasserdampfes mit dem Kohlenoxyd zu Kohlensäure und

Wasserstoff bewirkt. Unter einem Druck von 25 at wird das Gas mit Wasser berieselt, das die Kohlensäure aufnimmt. Die letzten Reste von Kohlenoxyd werden mit Kupfersalzen beseitigt, so daß reines Wasserstoffgas übrig bleibt.

Das Gas wird für technische Verwendung in Stahlflaschen

bis zu 150 at zusammengepreßt.

Unter gewöhnlichem Druck hat Wasserstoff einen Heizwert von 2400 kcal/m³; es wiegt bei 15° rund 83 g gegen 1180 g der Luft und 450 g des Leuchtgases. Reines Wasserstoffgas dient wie Azetylen als Heizgas für die Schweißflamme.

d) Spiritus:

• Reiner Spiritus, auch Weingeist oder Alkohol, Äthylalkohol (C₂H₅OH), genamt, wird aus Kartoffeln durch Gärung oder aus den Rückständen der Zellulose- und Zuckererzeugung gewonnen. Es hat einen geringeren Brennwert als Benzin und eignet sich daher im reinen Zustande weniger gut als Treibstoff. Mischt man aber völlig wasserfreien Spiritus mit Benzin, so entsteht ein hochwertiger Treibstoff. Ein Gesetz vom 1. April 1938 bestimmt, daß jedem in Deutschland eingeführten Treibstoff mindestens 10% vom Eigengewicht Kraftspiritus beizumischen ist. Kraftspiritus ist eine Mischung aus Äthylalkohol und Methylalkohol (Methanol, CH₃OH).

B. Kunststoffe

1. Allgemeines und Einteilung der Kunststoffe.

Unter der Bezeichnung "Kunst- und Preßstoffe" faßt man heute alle synthetisch aufgebauten nichtmetallischen Werkstoffe zusammen. Eine einheitliche Benennung fehlt noch, ist aber auch nicht leicht zu schaffen, da die Grundlagen für die Gewinnung der Kunststoffe überaus verschieden sind. Die Bezeichnungen "Neustoffe" und "Austauschstoffe" sind wirtschaftlicher Art. Die meisten Kunststoffe sind Heimstoffe im wahrsten Sinne des Wortes, denn sie werden fast ausschließlich aus deutschen Rohstoffen hergestellt. Manche Kunststoffe sind schon längere Zeit bekannt und können daher nicht als neue Werkstoffe bezeichnet werden. Das Zelluloid z. B. wurde schon vor etwa 80 Jahren, Vulkanfiber vor etwa 60, Kunsthorn vor fast 40, Bakelit vor mehr als 30 Jahren erfunden. Auch Kunstseide und Kunstleder sind seit mehreren Jahrzehnten bekannt. Am besten teilt man die Kunststoffe nach den Grundstoffen ein, aus denen sie hergestellt sind, denn der Aufbau der Stoffe ist für ihre technischen, elektrischen und chemischen Eigenschaften entscheidend.

Die Kunststoffe besitzen teilweise Eigenschaften, die in gleicher Zusammenstellung bei Naturstoffen nicht vorliegen. Dadurch ermöglichen sie andere Konstruktionsformen, eröffnen ganz neue Verwendungsgebiete und schaffen neue Techniken. Nach den Grundstoffen, aus denen sie hergestellt werden, kann man die Kunststoffe einteilen in:

- a) Härtbare Kunst- und Preßstoffe (Kunstharze).
 - 1. Auf der Grundlage von Phenol und Kresolen: Phenolharze oder Phenoplaste,
 - auf der Grundlage von Harnstoff bzw. Schwefelharnstoff (Thiohamstoff): Harnstoff- oder Karbamidharze oder Aminoplaste.
- b) Nicht härtbare Kunst- und Preßstoffe (Thermoplaste)
 - 1. auf der Grundlage von Zellulose,
 - 2. auf der Grundlage von Eiweiß,
 - auf der Grundlage von Kohlenwasserstoffen als Kondensationserzeugnisse,
 - auf der Grundlage von Kohlenwasserstoffen als Polymerisationserzeugnisse,
 - 5. auf der Grundlage von Bleiborat,
 - 6. auf der Grundlage von Zement,
 - 7. auf der Grundlage von Naturasphalt und Naturharz.

Kunststoffe lassen sich durch Gießen, Verpressen in geheizten Gesenken, Strangpressen und Verspritzen nach einem dem Metallpreßguß ähnlichen Verfahren verarbeiten. Außerdem können einige Arten zur Anfertigung von Schichtstoffen, zur Holzvergütung, für Folien, Lacke, Leime, Kitte, Emaillen, Sicherheitsgläser und als Bindemittel verwendet werden.

Außer in der Elektroindustrie, wo sie zuerst unter der Bezeichnung "gummifreie Isolierstoffe" Verwendung fanden, spielen die Kunststoffe heute eine Rolle im Maschinenbau, in der holzverarbeitenden Industrie; ferner als Rohstoff für Schmuckwaren, Hausgeräte und Gebrauchsgegenstände der verschiedensten Arten. Lagerschalen, Handgriffe, Zahnräder, Kunststoffen hergestellt. Dabei ist die Entwicklung noch lange nicht abgeschlossen. Die Zahl der im Handel erhältlichen Kunststoffe ist schon sehr groß und steigt noch weiter.

Tafel 32 gibt eine Übersicht über deutsche Kunststoffe. Sie enthält Angaben über den Grundstoff und die Typenbezeichnung nach DIN 7701 (Ausgabe Januar 1939) für eine Anzahl

Handelsbezeichnung bzw. gesetzlich geschützter Name	Grundstoff und Typenbezeichnung nach DIN 7701	Hersteller bzw. Lieferer der fertigen Teile
Aclait	Phenoikunstharz; Hartgewebe Klasse F, G Sonderprenmassen Polymerisationsprodukt aus Vinylverbindungen	Acla-AG., Köln-Mülheim I. G. Farbenindustrie A.G., Frankfurt a. M.
Albertat Albert-Preßmassen Albert-Preßflocken Albert-Preßbahnen Albert-Preßhasse Albert-Preßharz Alcella-Lacke	Lackkunstharz (Tonerde-Verbindung des Albertols) zum Mattieren von Lacken und zum Verhindern des Absetzens von Pigmenten Lackkunstharz, verändertes Phenolharz, öllöslich oder spritiöslich oder reines Phenolharz öllöslich Phenol-(Kresol-)Kunstharz Typ Z1 und Z2 Phenol-(Kresol-)Kunstharz Typ Z1 und Z2 Phenol-(Kresol-)Kunstharz Typ Z3 Phenol-(Kresol-)Kunstharz Typ Z1 und T2 Phenol-(Kresol-)Kunstharz Typ T1 und T2 Phenol-(Kresol-)Kunstharz Typ Z1 und Z2 Phenol-(Kresol-)Kunstharz Typ T1 und T2 Phenol-(Kresol-)Kunstharz Typ T1	Chem. Fabriken Dr. K. Albert GmbH., Wiesbaden-Biebrich Meirowsky & Co., Porz (Rhein)
Alfenat	Lackkunstharz, Phenolharz-Mischester Lackkunstharz, Phtalsäurcharz	Chem. Fabriken Dr. K. Albert GmbH., Wiesbaden-Biebrich
Alkydal-Lacke	Phthalsäure	I. G. Farbenindustrie A.G. Frankfurt a. M.
Alnovol	Lackkunstharz, nicht härtbare, reine Phenolharze, sprittöslich Lackkunstharz, Maleinat-Harz	Chem. Fabriken Dr. K. Albert GmbH., Wiesbaden-Biebrich
Aminoplaste Asplit u. Asplit "A"	Harnstoffharz; Sammelname; die daraus hergestellten Preßmassen Typ K Phenolharzlösungen mit anbrganischem Füllstoff	s. einzelne Hersteller I. G. Farbenindustric A.G., Werk Uerdingen (Rhein)
Astralon	Mischpolymerisat aus polymerisierten Vinylverbindungen gelöst; thermo- plastischer Werkstoff in Form von Platten, Stäben und Röhren Cyclohexanol-Harz	Celluloid-Verkaufs-GmbH., Berlin W 9 I. G. Farbenindustrie A.G.,
Azetylzeilulose-Lacke oderA-Zellulosa - lacke	Azetylzellulose mit verschiedenen Lösungsmitteln und Zusätzen	Frankfurt a. M. alle größeren Lackfabriken

Bakelite Bakelite-Kitte Bakelite-Lacke Bakelite-PreBiarz Bakelite-PreBinassen Bakelite — welß Benzyl-Zellulose	Flüssiges Phenol-(Kresol-)Harz mit anorganischen Füllstoffen in ver- schiedenen Zusammensetzungen	Bakelite GmbH., Er
Borron	Akrylharz mit Füllstoffen verarbeitet als thermoplastische Masse, verarbeitbar zu Schläuchen, Profilen, Platten.	Frankfurt a. M. Röhm & Haas Gmb
Cambric	Hartgewebe mit Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt, Klassen F und G	Elektro-Isolier-Indu- Wilhelm Ruppert
Carta-Asbest Carta-Cotton Carta-Textil Cellit Cellon		Isola-Werke A.G., Düren (Rhld.). I. G. Farbenindustri Frankfurt a. M.
Cellon-Lacke	Form von Platten, Stäben und Röhren	Celluloid-Verkaufs-G mbH., Berlin W 9
Cellophan (Zellglas)		Kalle & Co. A.G., V
Celluloid	siehe Zelluloid Schnellpreßmasse aus Phenol-(Kresol-)Harz mit organischen Füllstoffen (Zellulose) Typ Z 1, Z 2 und Z 3	New- York Hambu waren Compagnie,

rkner bei Berlin

1

rie A.G., bH., Darmstadt

ustric Wahn, t Wahn (Rhid.)

Birkesdorf-

rle A.G.,

Gesellschaft

Wiesbaden

urger Gummiwaren Compagnie, Hamburg 33

Nach einer Zusammenstellung aus dem im März 1939 erschienenen "Technischen Hilfsbuch", W. Ferd. Klingelnberg Söhne
 Auflage des Technischen Hilfsbuches Schuchardt u. Schütte). Verlag Springer Berlin W 9.

	THIS PLANT IN		
i a	Handelsbezeichnung bzw. gesetzlich geschützter Name	Grundstoff und Typenbezeichnung nach DIN 7701	Hersteller bzw. Lieferer der fertigen Teile
	Condensite Decelith Dekorit Dekorit F Dekorit-Kitt	Phenol-(Kresol-)Harze Werkstoff aus Vinylpolymerisaten Reines Phenol-Kunstharz ohne Füllstoff (Edelkunstharz) Reines Phenol-Kunstharz, füllstoffrel, säurebeständig, für den Maschinen- und ohemischen Apparatebau; bearbeitungsfählig Phenolharz-Lösung mit anorganischen Füllstoffen; Kitte säurefest und flüssigkeitsdicht, kalthärtend Prefimasse aus Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt. Typ 0, 11, 12, S, M, Z I. Z 2 Lagerpreßtoffe nich DIN 7703	Bakelite GmbH., Erkner bei Berlin Deutsche Celluloid-Fabrik A.G., Eilenburg Dr. Raschig GmbH., Ludwigshafen a. Rh. Isoln-Werke A.G., Birkesdorf-
	Durax-Textll Durcoton Duroftal	Leinenschnitzel-Preßmasse mit Phenol-(Kresol-)Harz, Typ T 1 und T 2 Hartgewebe mit Phenolharz hergestellt, Klassen F und G Lackkunstharz, benzol-kohlenwasserstoff-lösliches, plastifiziertes, härtbares Phenolharz	Düren (Rhld.) Meirowsky & Co. A.G., Porz (Rhein)
	Durophen	Lackkunstharz, spritiöslich, hitze- und katalysator-härtend Lackkunstharz, benzol-kohlenwasserstoff-lösliches, härtbares Phenolharz Lackkunstharz, benzol-kohlenwasserstoff-lösliches, plastifiziertes, härt- bares Phenolharz Phenol-(Kresol)-Kunstharz mit Füllstoffen zu Schnellpreßmassen ver-	Chem. Fabriken Dr. K. Albert GmbH., Wiesbaden-Biebrich
	Duxalkyde in ver- schiedenen Güte- klassen Dynes Dytron:	arbeitet, Typ S Trocknende Alkydharze, phenolfrel Hydrat-Zellulose, Markenbezeichnung für Vulkanfiber	L. Blumer, Zwickan
	Dytron Tex Dytron Textil	Hartgewebe mit Phenol-(Krešol-)Kunstharz hergestellt Hartgewebe-Schnitzelpreßmasse Preßholz mit Phenolkunstharz geträukt Hartgewebe mit Phenol-(Kresol-)Kunstharz hergestellt Phenolkunstharz mit besonderer präparierter Holzmasse	Venditor-Kunststofi-Verkaufs- GmbH., Troisdorf Bez. Köln
	Charles Control		
	Ecarit		Celluloidinbrik Speyer, Kirrmeister & Scherer, Speyer a. Rh. Verschiedene Hersteller; siehe je- weils die Hinweise

Schnellpreßmasse aus Hartpech mit Asbest und mineralischem Füllstoff, Typ 8 Eshalit E 100 ... Schnellpreßmasse aus Harnstoffharz mit Füllstoffen, Typ K Eshalit E 61 Eshalit E 90 PreBmasse aus Bitumen mit Asbest und anorganischem Füllstoff, Typ 4 PreBmasse aus Zement mit Asbest und anorganischem Füllstoff, Ty X Eshalit E 86 ... Thermoplastische Masse aus Azetylzellulose, Typ A Eshallt E B, Prefimasse aus Naturharz mit Asbest und anorganischem Füllstoff, Typ 7 Faturan Schnellpreßmischungen und Bahnen, Typ S, 1, T, Z und Sondertypen Fermit Kalt-Preßstoff mit anorganischen Füllstoffen, Typ 2 und X Ferrozell Hartgewebe mit Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt, Klassen F und G Leinen-Schnitzel-PreEmasse Typ T Formolit Phenol-(Kresol-)Harzpreßlinge mit Holzmehl-Füllstoff siehe Kunsthorn Hares Phenol-(Kresol-)Harze und daraus hergestellte SchnellpreBmassen, Typ O, T, Z, I, M, 2 Hares E L Kunstharzlacke aus Phenol-(Kresol-)Harzen Hares-Kitte Aus Phenolharzen mit Zusätzen Hares Hartpapier mit Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt, Klassen I. II, III Hartgewebe mit Phenol-(Kresol-)Harzen hergestellt, Klassen F und G Preßmasse mit Asbest und anorganischem Füllstoff, Typ 7, 8 Harex Heliosit Typ 2 Sammelname für alle mit Baumwolle- bzw. Zellwoll-Bahnen, und Phe-Hartgewebe nolkunstharzen hergestellten Schichtstoffe, Klassen F u. G Aus Holz und Phenolkunstharz hergestelltes vergütetes Holz Hartholz Hartpapier Sammelname für alle aus Papierbahnen mit Phenolkunstharzen hergestellten Schichtstoffe, Klassen I, II, III, IV Schnellpreßmasse aus Phenol-(Kresol-)Harz mit organischen Füllstoffen Hercules

(Textil) Typ T 1, T 2 und T 3

Verarbeitet von Slemens-Schuckert-Werke A.G. Abt. Isolierstoffe, Berlin-Slemensstadt

New-York Hamburger Gummiwaren Compagnie, Hamburg 33 Isola-Werke A.G., Birkesdorf-Dilren

Ferrozeligesellschaft, Ecke & Co.

Augsburg 2 New York Hamburger Gummiwaren Compagnie, Hamburg 33

H. Rommler A.G., Spremberg

Verschiedene Hersteller, siehe bei den einzelnen Namen

160	Handelsbezeichnung bzw. gesetzlich geschiltzter Name	Grundstoff und Typenbezeichnung nach DIN 7701	Hersteller bzw. Lieferer der fertigen Teile
	Hornit	siehe Kunsthorn Phenofharzlösungen aus reinsten Harzen mit anorganischen Füllstoffen Verguß-Masse aus Phenol-(Kresol-)Kunstharz	I. G. Farbenindustrie A.G., Frank- furt a. M.
	Idonit	Phenol-(Kresol-)Kunstharz, flüssig	Bakelite Gesellschaft mbH. Erkner bei Berlin
	Iganil	Anllinbarz (aus Anllin und Formaldehyd) Polymerisationsprodukte auf Vinyl-Grundlage	II. G. Farbenindustric A.G., Frank- furt (Main)
	Jarax	Hartpapier mit Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt, Typ 0, 11, 12, M, T 1, T 2, T 3, Z 1, Z 2, Z 3	Elektro-, Glimmer- u. Preßwerke Scherb u. Schwer K.G., vorm.
	Jaroplast Kauritleime	Phenol-(Kresol-)Harz, Type 0, 11, 12, S, T 2, T 3, M, Z 3 Harnstoffharzlösungen mit besonderen Zusätzen und Härtemitteln	Jaroslow, Berlin-Weißensee I. G. Farbenindustrie A.G., Werk
	Kerit	Schnellpreßmasse aus Phenol-(Kresol-)Harzen aller Klassen	Uerdingen (Rhein) Internat. Galalith-Gesellschaft Hoff & Co., Harburg-Wilhelms-
186	Kunsthorn , Leukorit	Sammelname für Erzeugnisse aus Kasein: übl. Handelsnamen: Galalith, Syrolith, Hornit Reines Phenol-(Kresol-)Kunstharz ohne Füllstoff, sogenanntes Edel-	wie oben und die Verkaufsvereinig, von Kunsthornfabriken, Berlin Dr. Raschig & Co., GmbH., Lud-
	Lignofol	kunstharz Aus deutschen Hölzern mit Phenolkunstharz als Schichtstoff hergestellt	wigshafen Venditor Kunstoff-Verkaufs-
	Lignostone	Als Block mit Harz getränktes Holz, bei erhöhter Temperatur verdichtet Hartgewebe mit Phenol-(Kresol-)Kunstharz hergestellt, Klassen F und G	GmbH., Troisdorf Verschiedene Hersteller Siemens-Schuckert-Werke A.G., Abt. Isollerstoffe, Berlin-Sie-
	Luvican	Thermoplastische Masse aus Vinyl-Polymerisaten	venditor Kunstoff-Verkaufs-
	Luxit	Proßmasse mit Hartpech hergestellt, entsprechend Typ 8	GmbH., Troisdorf Isola-Werke A.G., Birkesdorf- Düren (Rhld.)
	Mipolam	Mischpolymerisat aus polymerisierten Vinylverbindungen benutzt als; Kabel-Masse, Prelimasse, zur Anfertigung von Rohren, Schläuchen,	Venditor Kunststoff-Verkaufs- GmbH., Troisdorf
11	Neoresit	Phenol-(Kresol-)Kunstharz fest, flüssig oder gelöst und daraus herge- stellte Schnellpreßmassen Typ 0, 1, M, S, T, nicht typisierte Sonder- preßmassen und Lacke verschiedenster Zusammensetzung.	A. Nowack AG., Bautzen
DW	Nitrozellulose Novotext	Hartgewebe mit Phenol-(Kresol-)Kunstharz hergestellt, Klassen F und G	Viele deutsche Lackfabriken AEG-Fabriken, Hennigsdorf (Osthavelland)
DWB. Bd. XI.	Nyhax	III, IV und Sondergilten, wie Supratropen und Konstruktion als Rohre und Stäbe	New-York Humburger Gummi-
	Nyhatex	Hartpapier mit Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt. Platten Klasse I, II, IV und Sondergüten, wie Supratropen und Konsrtuktion als Platten, Robre und Stäbe	waren Compagnie, Hamburg 33
Werkstoffe.	Oppanol Peka-Glas	Hechpolymeristerter Kohlenwasserstoff. Verwendung in der Gummi- Kabel-, Kunstleder-, Textil- und Papier-Industrie Dreischichtiges Sieherheitsglas mit Zwischenfilm aus Polyvinylazetat	I. G. Farbenindustrie A.G., Frank- furt a. M. Verbundglas GmbH., Berlin-
	Perloid	Nitrozellulose ohne und mit Füllstoffen	Lichterfelde 1 Cellulold-Verkaufs-GmbH., Berlin W 0
Tell II.	Perlopal Pertinit Pertinax		Meirowsky & Co. A.G., Porz (Rhein)
	Phenoplaste	Sammelname für alle aus Phenol-(Kresol-)Kunstharzen hergestellten Schnellpreßmassen	Verschiedene Hersteller
	Phenytal		Dr. Röhm & Haas, GmbH., Darm- stadt
	Pollopas	a) Schnellpreßmasse aus Harnstoffharz, Typ K b) Schichtstoff aus Harnstoffharz	Venditor Kunststoff-Verkaufs- GmbH., Troisdorf
	Polystyrol	siche Trolitul Polymerisationsprodukte	I. G. Farbenindustrie A.G., Frank- furt a. M.
	Preßeoton	Leinenschnitzel-Preßmasse mit Phenol-(Kresol-)Kunstharz, Typ T	Meirowsky & Co., A.G.,
			Porz (Rhein)

è	ı			
ŀ	į		Ī	
Į	ş	,	ï	
	١		i	
s			8	

Handelsbezeichnung bzw. gesetzlich geschützter Name	Grundstoff und Typenbezeichnung nach DIN 7701	Hersteller bzw. Lieferer der fertigen Telle
Resiform Resitex Resinofil	a) Schnellpreßmasse aus Phenolharz hergestellt, Typ 0, 1, S, T 1 und T 2 b) Schnellpreßmasse aus Harnstofflarz hergestellt, Typ K Hartgewebe mit Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt, Klassen F und G Schnellpreßmasse aus Phenol-Kunstharz mit Asbestfäden, Typ M	Robert Bosch GmbH., Stuttgart- Feuerbach Dr. Raschig GmbH., Ludwigshafen
Resintle	Phenol-(Kresol-)Kunstharz und daraus hergestellte Schnellpreßmassen aller Typen, ferner die daraus hergestellten Kitte und Lacke Reine Phenol-(Kresol-)Harze	Dr. Raschig GmbH., Luwigshafen Bakelite GmbH., Erkner bei Berlin
Resistan	Preßmasse aus Phenol-(Kresol-)Kunstharz, Typ 11, 12 Preßmasse aus Zement (Wasserglas), Typ X [*] a) Schnellpreßmasse aus Harnstoffharz, Typ K b) Schiehtstoffe aus Harnstoffharz, ein- und mehrschichtig Mehrschichten-Sicherheitsglas, nachgiebiger Typ mit Plexigum-Zwischen-	H. Römmler A.G., Spremberg
Stabol	schicht a) Thermoplastische Masse aus Polymetakrylsäureester mit und ohne Föllstoff b) Leder-, bzw. gunnmähnliche Erzeugnisse aus dem gleichen Grundstoff	Sicherheitsglas GmbH., Kunzendorf AEG, Kabelwerk, Hennigsdorf
Styroflex	Follen aus Polystyrol = Trolltul siehe Kunsthorn Mit Pheno!harz getränktes dünnes Papler, dient zur Sperrholzherstellung	Venditor Kunststoff-Verkaufs- GmbH., Trolsdorf bzw. Nor- denham
TEGOWIRO Drahtleimfilm	Leimfilm mit Drahtträger, der elektrisch zu beheizen ist, zum Verleimen diekwandiger Werkstücke \(\) a) Schnellprefimasse aus Phenol-(Kresol-)Kunstharzen, Typ 1, M. O.	Th. Goldschmidt A.G., Essen
Tenutext	S, 2, 3 b) Desgleichen aus Kunstharzstoff, Typ K c) Prefinassen aus Bitumen, Typ 4, 8 d) Desgleichen aus Glimmer-Bleiborat, Typ Y c) Desgleichen aus Naturharz, Typ 6/7 Schnellprefinasse aus Phenol-(Kresol-)Harz, Typ T 1—T 3	AEG-Fubriken, Hennigsdorf
Thesit Trollt	Schnellpreßmassen aus Phenolharz, verschied. Typen Thermoplastische Massen: a) Azetylzellulose: Trollt W	Preßwerk A.G., Essen
Trolitul Trolon Trolitan	Reines Phenol-(Kresol-)Kunstharz onne Funston, sog manne kunstharz	Venditor Kunststoff-Verkaufs- GmbH., Troisdorf, Bez. Köln

			- 12
	Thesit	Schnellpreßmassen aus Phenolharz, verschied. Typen	ı
	Trollt	Thermoplastische Massen:	2
	Tiont	a) Azetylzeliulose: Trollt W	١.
	CONTRACTOR OF THE PARTY OF THE	h) Nitrozellulose: Trolit F	
		" Dansulrallulosa: Trolit BC	1
			10
	Trolitul	Reines Phenol-(Kresol-)Kunstharz ohne Füllstoff, sogenanntes Edel-	1 2
	Trolon		
	The second second	kunstharz Schnellpreßmasse aus Phenol-(Kresol-)Kunstharzen aller Typen und in	1
	Trolitan	SchnellpreBmasse aus Phenoi-(Kresoi-)Kunstnatzen	Н
			1
	Trolltax	verschiedenen Sonderguten Hartpapierplatte mit Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt, Klasse I, II,	U
	Tronting Triffic	III und verschiedene Sondergitten	i
ß	Trosbestos	III und verschiedene Sonderguten Wärmeschutzplatten als Verbundplatten aus Asbestschiefer und Hart-	1
	Trospestos	papler to the beautiful Klassen F and G	
		papler Hartgewebe mit Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt, Klassen F und G	1]
	Turbax	und verschiedene Sondergüten	1
			1
	Turbonit	IV und verschiedene Sondergüten	10
	THE RESIDENCE OF STREET		
	Ultrapus	Melaminharz-Prebmasse fur Kome zu derfament	
	Vigopas	Reines Phenol-Kunstharz ohne Füllstofi sog. Edelpreßharz	
	G. I.	en examplettings Platten H. H.	
	Vlnidur	Polyvinylchlorid, verarbeitet zu Röhren für Säureleitungs-Platten u. a.	
	Vinifol	Bander aus Vinyl-Polymerisaten	
	Vulkanfiber		
	Y UIKAIIII OCI	Uydratzellulose: Papieriagen und Holzzerstoft int Quellen gebracht, auf Zylinder gewalzt, Chlorzinklauge restlos aus-	
	The state of the s	gewasehen Hartpapler mit Phenol-(Kresol-)Harz hergestellt, Klassen I, II, III	
	Wahnerit	und Sondergüten	6
			1
	Wahnerol	Isollerschlauch als Mischpolymersater Thermoplastischer Werkstoff auf der Grundlage von Nitrozellulose in	
	Zelluloid	Thermopulsuscier werkston and Röhten	
	Tel Walley Jon	Form von Tafeln, Stäben und Röhren	
			1

Elektro, Glimmer- u. Preßwerke Scherb u. Schwer, KG., vorm. Jaroslaw, Berlin-Weißensee

Venditor Kunststoff-Verkaufs-GmbH., Troisdorf, Bez. Köln Dr. Raschig GmbH., Ludwigshafen

I. G. Farbenindustrie A.G., Frankfurt a. Main

Venditor Kunststoff-Verkaufs-GmbH., Troisdorf: Vulkanfiber-Fabrik M. Schmid, Berlin W 35

Elektro-Isolier-Industrie Wahn. Wilhelm Ruppert, Wahn(Rhld.)

Celluloid-Verkaufs-GmbH., Berlin W 9 Tafel 33. Wichtige Kunststoffe1).

Gruppe		Grundlage	н	Hauptsächlichste Vera beitung			Handelsformen
отарую	Art	Handelsnamen	Pressen	Spritzen	Zer- spanen	ferner	der Halbzeuge
Eiweiß- stoffe	Kunsthorn	Galalith, Hornit, Syrolith	2006		+	warmbiegen ist möglich	Platten, Stangen, Rohre
Zellulose-	Vulkanfiber	Dynos, Lederstein	AL LO		+	biegen, ziehen, stanzen	Platten, Stangen, Rohre
massen	Nitratzellulose	Zelluloid	-77		1000	warm blasen.	Platten, Stangen, Rohre,
	Azetylzellulose	Cellon Trolit W, Typ A	()	+		biegen, stanzen	Formtelle
	Benzylzellulose	Trolit BC		+			Formteile
Poly-	Phenolharz- Preßmassen	große Anzahl Typen; 11, 12, M, O, S T 1, T2, T 3, Z 1, Z 2, Z 3	+	()	()	Hartpapier; biegen, stanzen	Formteile; geschichtet: Hartpapler,
konden- . sate	Harnstoffharz- Preßmasse	Тур К	+	()	(—)		Hartgewebe; Stangen, Rohre
W. Carlo	Gußharze	verschiedene	15-5/10		+	A AMILER	Platten, Stangen, Rohre, vorgeformte Telle
	Polystyrol	Trolitul	A ST	+	35		Formteile, Platten, Stan- gen, Rohre
		Styroflex		307013	13320		Folien, z. B. für Isolation
		Igelit PCU Igelit (Mipolam) MP	=	=	()		Formteile, elastische Mas- sen, Schläuche, Platten, Stangen, Rohre
Polymeri- sate		Astralon Decelith	()	13 34		warm blasen, blegen, stanzen	
		Vinlfoi	-1-1	1 11	West.		Folien, z. B. für Isolation
	Polyacrylsäure- Ester	Plexigum, Stabol	()	+	1	224	Formteile, Schläuche, Kabelumhüllung
	Datei	Plexiglas		1,100	(—)	warm biegen	Platten
	Polyvinylkarbazol	Luvienn	()	+ 1			Formteile
	Butadien	Buna	äh	nlich wie	bei Natur	kautschuk	wie bei Naturkautschuk

^{+ =} hauptsächlichste Art der Verarbeitung — (—) = weniger verbreitete Art der Verarbeitung.

1) Nach v. Renesse: ,,Werkstoff-Ratgeber (Verlag W. Girardet, Essen).

Kunststoffe. Eine vollständige Liste zu schaffen ist unmöglich, da bis zur Herausgabe derselben schon wieder neue Stoffe hinzugekommen sind.

In Tafel 33 sind einige Kunststoffe nach Gruppen geordnet mit Angabe der Art, der Verarbeitung und der Handelsformen

angeführt.

Die Abb. 24 und 25 zeigen schematisch die Darstellung der Kunststoffe. Darin sind die unter b 1 und 2 genannten auf der Grundlage von Zellulose bzw. Eiweiß aufgebauten Gruppen als abgewandelte Naturstoffe bezeichnet (Abb. 25). Bei den Eiweißstoffen wird das aus der Magermilch gewonnene Kasein mittels Formaldehyd chemisch verändert und gehärtet, so entsteht das sogenannte Kunsthorn. Bei den Zellulosestoffen werden Baumwolle oder Holzzellstoff durch verschiedene chemische Mittel zu Werkstoffen umgewandelt, z. B. zu Zellulosehydrat (Vulkanfiber), Zellulosenitrat (Zelluloid), Azetyl- oder Benzylzellulose. Aus der Zellulose werden auch Kunstseide, Folien für photographische Filme, Verpackungs- und Isolierzwecke, Kunstdärme, Lacke, Kitte u. a. m. gewonnen.

Die Kohlenwasserstoffe als Kondensationserzeugnisse (Gruppe b 3) sind die härtbaren mit synthetischen Kunstharzen aufgebauten Kunststoffe. Die Kohlenwasserstoffe als Polymerisationsprodukte (Gruppe b 4) sind rein syn-

thetische Kunststoffe (Abb. 25).

Kondensation ist ein chemischer Vorgang, bei dem sich zwei Körper, z. B. Phenol und Formaldehyd, unter Abspaltung von Wasser miteinander vereinigen. Dabei werden vorhandene

Moleküle zerstört und neuartige aufgebaut.

Unter Polymerisation versteht man die Zusammenlegung gleich aufgebauter Moleküle zu einem Molekularverband, einem Großmolekül. Aus niedermolekularen (Monomeren) entstehen hochmolekulare Stoffe (Polymere). Polymerisierbar sind Gase, wie z. B. Äthylen, Butadien u. a. oder auch Flüssigkeiten, wie z. B. Styrol, Vinylacetat, Vinylchlorid, die Ester') der Acrylsäure u. a. Die Polymerisation wird durch Wärme, ultraviolettes Licht, bestimmte chemische Stoffe und gegebenenfalls hohe Drücke herbeigeführt. So erhält man z. B. aus Styrol, einer niedermolekularen Flüssigkeit mit einem Molekulargewicht 100 durch Polymerisation das Polystyrol, einen hochmolekularen festen Stoff mit einem Molekulargewicht von 100000 und darüber. Bei der Bildung des Großmoleküls bleibt die Anordnung der Atome im Einzelmolekül unverändert, so daß die

¹) Ester sind salzartige Verbindungen organischer Säuren mit Alkoholen.

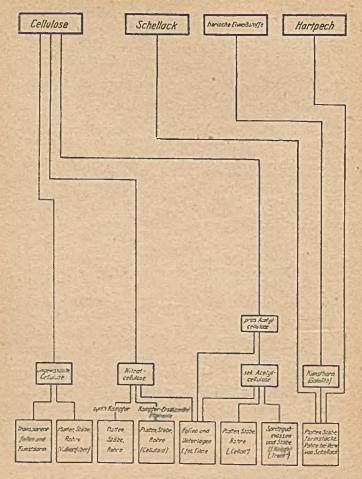


Abb. 24. Von Naturstoffen abgewandelte Kunststoffe.

verhältnismäßige Zusammensetzung des Großmoleküls die gleiche ist wie die des Einzelmoleküls. Bei einer Kondensation dagegen gruppieren sich die Atome um; es entstehen neue Ver-

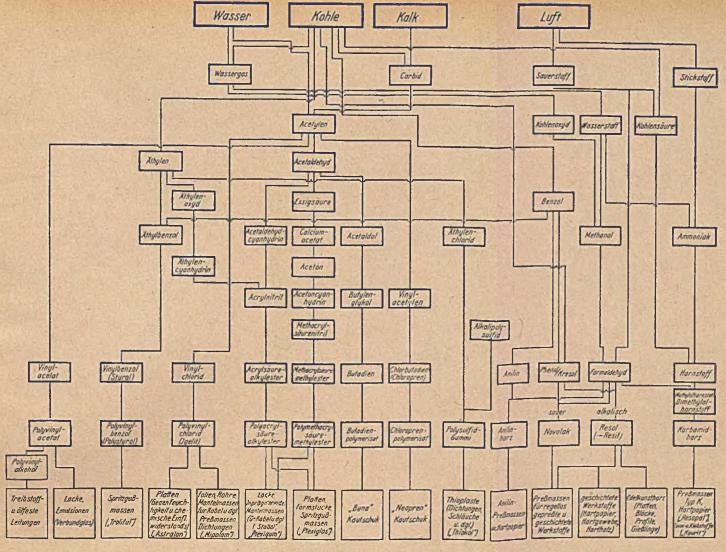


Abb. 25. Kunststoffe aus Polymerisationserzeugnissen aus Kondensationserzeugnissen.

bindungen, wobei außerdem noch andere Stoffe abgespalten werden. Auf die verschiedenen Bezeichnungen, wie sie in den Abb. 24 und 25 enthalten sind, weiter einzugeben ist in diesem Zusammenhange nicht möglich, dazu wären eingehendere chemische Erläuterungen erforderlich, die über den Rahmen dieses Buches hinausgeben.

Die Kunst- und Preßstoffe auf der Grundlage des Bleiborats (Gruppe b5) und des Zements (Gruppe b6) seien in diesem Zusammenhange nur der Vollständigkeit halber

erwähnt.

Die technische und wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe auf der Grundlage von Naturasphalt und Naturharz (Gruppe b 7) nimmt ständig ab und ist schon heute nur

noch gering.

Bei diesen Werkstoffen handelt es sich um mechanische Gemenge verschiedener Naturstoffe wie z. B. Gesteinsmehl und Asbest mit Naturharz, Teerpech oder Asphalt als Bindemittel. Ihre Festigkeit ist gering. Sie werden, allerdings auch nur noch wenig, in der Elektrotechnik verwendet.

Anders ist es mit der Preßmasse aus Naturschellack, die bisher der wichtigste Werkstoff für Schallplatten war.

Schellack ist ein Stoffwechselprodukt der sich von Pflanzen nährenden Lackschildlaus. Die Larven dieses Insekts bilden in ihrem Körper aus dem Blättersaft bestimmter indischer Bäumeden Lack, den sie ausschwitzen und der die Laus in den sich bildenden Lackklümpchen allmählich einhüllt. Diese Klümpchen mit den Läusen bedecken die Blätter und Zweige der Bäume. Die mit dem Lack überzogenen Zweige kommen unter dem Namen "Stocklack" in den Handel. Neuerdings werden Schallplatten aber auch aus Kunststoffen hergestellt, die den aus Schellack erzeugten hinsichtlich klangreiner Wiedergabe nicht nachstehen.

2. Die Rohstoffgrundlage der Kunststoffe.

Wie das Schema Abb. 24 und 25 zeigt, ist die stoffliche Grundlage der Kunststoffe sehr verschiedenartig, doch bilden Kohle, Kalk, Zellulose, Eiweiß und das aus Fetten gewonnene Glyzerin neben Luft und Wasser die hauptsächlichsten Ausgangsstoffe. Die älteren Kunststoffe wie Zelluloid und Vulkanfiber und die neueren wie Trolit, Zelluloseazetat und Cellon werden aus der Zellulose der Baumwolle oder des Holzes gewonnen.

Milcheiweiß, das Kasein, und andere tierische Eiweißstoffe wie Blut und Hornabfälle liefern den Rohstoff für das Kunsthorn Galalith. Für die Erzeugung der technisch am meisten verwendeten neueren plastischen Massen sind Steinund Braunkohle sowie Kalk, Wasser und Luft die Rohstoffe. Teer liefert das Phenol, Kresol und Naphtalin; Kohlendioxyd mit Ammoniak den Harnstoff; Kohle und Kalk als Kalziumkarbid mit Wasser das Azetylen, den Ausgangsstoff für die große Gruppe der Polymerisationserzeugnisse.

Über die Kohleverkokung und die Teerdestillation wurde im Abschnitt I "Kraft- und Brennstoffe" gesprochen. Hier sollen die dort gemachten Ausführungen soweit ergänzt werden, als es für das Verständnis der Grundfragen der Chemie der Kunst-

stoffe unerläßlich ist.

Chemisch haben alle Kunststoffe eines gemein: das sehr hohe Molekulargewicht. Es sind Verbindungen von vielen Tausenden, vielleicht sogar von Hunderttausenden von Atomen. Ein gegebener Kunststoff ist stets ein Gemenge von ähnlichen, verschieden großen Riesenmolekülen. Damit hängt der sogenannte plastische Zustand zusammen.

I. Härtbare Kunstharze.

Zu diesen Kondensationserzeugnissen gehören diejenigen,

die mit Formaldehyd hergestellt sind.

Formaldehyd entsteht aus Methylalkohol oder Methanol, der früher aus Holzessig gewonnen wurde. Holz wird dabei unter Luftabschluß verkohlt, Holzkohle bleibt zurück. Das entweichende Holzgas wird aufgefangen und abgekühlt, dabei scheiden sich Holzteer und Holzessig ab. Der Holzessig enthält neben Wasser Essigsäure, Aceton (C₃H₆O) und Methylalkohol, auch Holzgeist genannt. Heute wird das Methanol meist synthetisch aus Kohlenoxyd und Wasserstoff gewonnen (vergl. das Schema Abb. 26). Um Formaldehyd zu erhalten, läßt man Methanoldampf mit Luft gemischt über schwach glühendes Kupferdrahtnetz streichen. Das glühende Kupfer spaltet aus dem Methanol einen Teil des Wasserstoffs ab und überträgt gleichzeitig den Luftsauerstoff auf den abgespaltenen Wasserstoff.

Formaldehyd ist ein scharf riechendes Gas, das sich leicht in Wasser löst. Es hat eine starke bakterientötende Wirkung und dient deshalb als Konservierungs- und Desinfektionsmittel, wofür die im Handel unter dem Namen Formalin erhältliche 40% ige wässerige Lösung verwendet wird. Formaldehyd kondensiert sich sehr leicht mit verschiedenen organischen Stoffen, z. B. mit Phenol, Anilin, Eiweißstoffen usw. Zur Herstellung von Kunststoffen benutzt man vor allem die Kondensation mit Phenolen, Harnstoffen und Kasein.

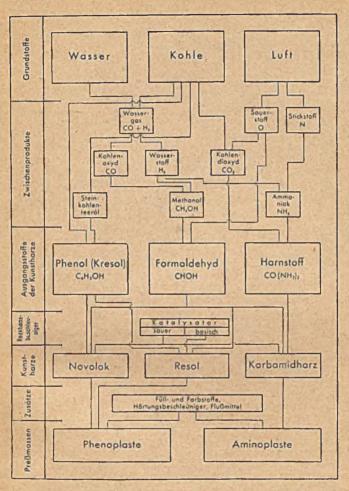


Abb. 26. Entstehung und Zusammensetzung von Kunstharzpreßstoff.

1. Die Phenol- bzw. Kresol-Formaldehydharze (Phenoplaste).

Der deutsche Chemiker A. v. Baver beobachtete schon im Jahre 1872, daß sich Phenole und Aldehyde durch Zusatz von Säuren zu einem harten bernsteinähnlichen Stoff vereinigen. Aber erst ein halbes Jahrhundert später wurde diese Erfindung von dem Flamen Hendrik Leo Backeland nutzbar verwendet. Von ihm stammt der Name Bakelite. Diese Stoffe haben die Anregung zur Entwicklung der Industrie der plastischen Massen gegeben, sie tragen auch den Sammelnamen Phenoplaste, Bakelite worden aus Phenol bzw. Kresol, beides Erzeugnisse der aus Steinkohlenteer gewonnenen Rohkarbolsäure, und Formaldehyd in Gegenwart eines geeigneten Katalysators (Kontaktstoff) hergestellt. Neuerdings werden Phenolöle auch bei der Braunkohlenschwelerei und -kokerei gewonnen. auch aus Benzol wird bereits Phenol gewonnen. Phenol besteht im reinen Zustand aus weißen, häufig auch rosa Kristallen. schmilzt bei etwa 40° und riecht sehr stark. Allgemein bekannt ist es unter dem Namen Karbol als Desinfektionsmittel. Kresol ist eine bräunliche bis wasserklare Flüssigkeit von noch schärferem Geruch als Phenol. Phenol bzw. Kresol und Formaldehyd werden in Anwesenheit eines basischen oder sauren Katalysators, der die chemische Umsetzung der sonst sehr träge aufeinander reagierenden Stoffe beschleunigen soll, zum Sieden erhitzt, Nach einiger Zeit scheidet sich unter Abspaltung von Wasser (Kondensation) das Harz, in zähflüssiger Form aus dem Reaktionsgemisch ab. Nach Beendigung dieser Reaktion wird der wässerige Anteil des Gemisches unter Luftverdünnung verdampft, das Harz bleibt übrig und erstarrt beim Abkühlen. Der Vorteil der Bakelite besteht in ihrer Härtbarkeit. Sie haben eine hellgelbe bis bernsteingelbe Farbe, sind aber nicht vollkommen lichtbeständig.

Da sich die Entwicklung zu dem unlöslichen und schwer schmelzbaren Stoff während des Herstellungsverfahrens des Bakelites verschiedentlich unterbrechen läßt, lassen sich verschiedene Grundtypen des Harzes herstellen und zwar: Bakelit-Harz im A- oder Resol-Zustand. Es entsteht in Anwesenheit eines basischen Katalysators und ist entweder zähflüssig oder fest, je nach den Arbeitsbedingungen. Das feste Harz ist in Spiritus. Aceton, Phenol, Glyzerin oder Natronlauge löslich. Es läßt sich aber auch schon bei gelinder Wärme leicht schmelzen und in Formen vergießen. Diese Harze werden benutzt zur Herstellung von Preßmassen. Schichtstoffen, Lacken, Kitten, Emaillen und bei den Edelkunstharzen für Gießlinge. Setzt man das geschmolzene Harz weiterer Hitzeeinwirkung aus, so geht es in den B- oder Resitol-Zustand über.

Bakelit-Harz im B- oder Resitol-Zustand ist in der Hitze von 130° noch formbar, jedoch nicht mehr löslich und nicht mehr schmelzbar. Bei den Bakelit-Preßmassen, wie auch beim Bakelit-Preßharz, handelt es sich meist um Bakelit im Resitol-Zustand. Durch Hitze wird das Resitol erweicht, durch Druck geformt und durch weitere Druck- und Hitzeeinwirkung in Resit umgewandelt.

Bakelit-Harz im C- oder Resit-Zustand ist unlöslich und nicht schmelzbar. Gegen chemische, mechanische und Witterungseinflüsse ist es außerordentlich widerstandsfähig. Man kann es bis

zu 300' erhitzen ehe es, ohne zu erweichen, verkohlt.

Novolake und Albertole. Eine Abart der Phenoplaste sind die nicht härtbaren Novolake, die durch Zusatz von Stearin, Harzsäuren und Fettsäuren in Anwesenheit eines sauren Katalysators hergestellt werden. Sie lassen sich aber durch Zusatz von Hexamethylentetramin härtbar machen. Es sind schellackähnliche Erzeugnisse, doch besitzen sie nicht die Biegsamkeit des Schellacks. Belichtet man Novolak, so dunkelt es nach, es kann daher mit Schellack als Anstrichstoff nicht konkurrieren. Doch werden Lacke und andere Anstrichstoffe auch auf der Grundlage von Nitratzellulose hergestellt. Durch Zusatz von Kopal wird ihnen eine größere Härte gegeben. Kopal ist ein wertvolles Naturharz, das aus den Tropen kommt. Dieser Naturstoff ist durch einen nach seinem Erfinder Albertol genannten Kunstkopal ersetzt worden. Albertol ist eine Vereinigung von Novolak und Kolophonium, dem bekannten Geigenharz, das aus deutschen Nadelbäumen gewonnen wird. Die Lichtbeständigkeit dieses Harzes wurde so weit verbessert, daß der Lack jetzt einwandfrei ausfällt. Dieser Kunstkopal ist dem Naturstoff nicht nur gleichwertig, sondern sogar überlegen.

2. Die Carbamid- oder Harnstoff-Formaldehydharze (Aminoplaste).

Hauptbestandteile sind Harnstoff und Formaldehyd, die unter bestimmten Bedingungen das Carbamidharz bilden.

Harnstoff ist eine weiße kristallisierte, geruchlose Verbindung, die künstlich aus Kohlendioxyd und Ammoniak unter Druck hergestellt wird. Es ist die erste organische Verbindung, die künstlich hergestellt wurde (1828 v. Wöhler). Die Harnstoffharze haben gegenüber den Phenol- und Kresolharzen den Vorteil vollständiger Farblosigkeit und Lichtechtheit, weshalb sie die Herstellung von reinem, lichtechtem Weiß und sonstigen hellen und empfindlichen Farben gestatten. Unter Verwendung entsprechender reiner Füllstoffe, wie z. B. Zell-

stoff, lassen sich die zartesten Farben herstellen, die durchscheinend sind.

Harnstoffharz-Preßstoffe sind mechanisch und thermisch nicht so fest wie die Phenolharz-Preßstoffe, sie finden im allgemeinen dort Anwendung, wo helle zarte Farben benötigt werden. Harnstoffharze lassen sich ebenso wie die Phenolharze härten. Sie kommen unter Namen wie Pollopas, Trolitan usw. in den Handel (vergl. Tafel 32). Die Sondermarke Pollopas U. V. läßt das unsichtbare ultraviolette Licht durch, hält aber das ebenfalls unsichtbare Ultrarot zurück. Es ist deshalb für Fensterscheiben in Kranken- und Gewächshäusern geeignet. Pollopas T verschluckt das Ultraviolett, welches die Augen ermüdet, eignet sich daher für Autobrillen. Die flüssige Vorstufe der Pollopas-Kondensation dient zur Herstellung von Kauritleim, der zum Verleimen von Sperrholz insbesondere für den Flugzeugbau verwendet wird.

3. Die technische Herstellung der härtbaren Kunstharze.

Fabrikmäßig werden die Kunstharze in großen Kondensationsanlagen gemäß dem Schema Abb. 27 hergestellt. Zuerst wird die Kondensation zwischen Phenol und Formaldehyd mit saurem oder basischem Katalysator (je nachdem, ob man als Enderzeugnis ein Resol oder ein Novolak zu erhalten wünscht) unter anfänglicher Zufuhr von Wärme vorgenommen. Die Reaktion selbst geht unter starker Wärmeentwicklung vor sich. so daß die künstliche Wärmezufuhr bald unterbleiben kann. Im Kondensationskessel bildet sich ein wäßrig-emulsionsartiger Stoff, dessen fertiger Zustand einer besonderen Kontrolle unterworfen wird. Dieser wäßrige Stoff wird in eine sogenannte Destillationsblase geleitet, wo die wäßrigen Bestandteile unter Luftleere abdestilliert werden. In der Destillationsblase verbleibt zum Schluß das klare, gelbbraun gefärbte Harz, das in erhitztem und damit flüssigem Zustand in flache Pfannen abgelassen wird, worin es erstarrt.

4. Arten, Eigenschaften, Verwendung und Verarbeitung der härtbaren Kunstharze.

Die Weiterverarbeitung der härtbaren Kunstharze führt zu verschiedenen Kunststoffarten, man stellt daraus her: Preßstoffe, geschichtete Preßstoffe, Gußharze (auch als Edelkunstharze bezeichnet), Lacke und Klebemittel.

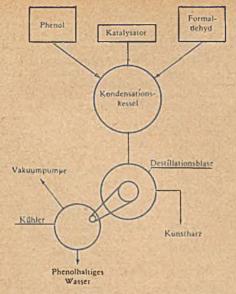


Abb. 27. Schema einer Kunstharzkondensationsanlage.

a) Kunstharz-Preßstoffe.

Die reinen Kunstharze werden nur in beschranktem Umfange z. B. für Galanteriewaren und Gebrauchsgegenstände verwendet. Neben dem hohen Preis sind dafür auch die geringen mechanischen Festigkeitswerte entscheidend, das Harz ist außerdem sehr spröde.

Rhenolharz- und Harnstoffharz-Preßmasson erhält man durch Mischung der flüssigen gelösten oder geschmolzenen Harze mit Füllstoffen, wodurch die physikalischen Eigenschaften der Harze bedeutend verbessert werden. Durch Verpressen unter Druck und Hitze werden aus diesen Stoffen Preßstücke von beliebiger Gestalt hergestellt.

Als Füllstoffe dienen Holzmehl, Gewebeschnitzel, Asbest

und andere Stoffe.

Die Preßmassen mit Holzmehl als Füllstoff werden hauptsächlich in Form körnigen Pulvers geliefert. Das Holzmehl wird durch Feinmahlen reinsten, rindefreien Sägemehls gewonnen, ist also viel wertvoller und kostbarer als der Ausgangsstoff. Trotz ihrer Feinheit bilden die Holzmehlfasern aber ein festes, zusammenhängendes Gefüge im fertigen Preßteil. Preßmassen mit Holzmehl als Füllstoff lassen sich in gehärteten Stahlformen verformen und finden ausgedelmte Verwendung in der Radio-, Elektro- sowie Möbel-, Apparatebau- und Knopfindustrie. Bei Verarbeitung von Gewebeschnitzeln und Baumwollfäden als Füllstoff erhält man Preßmassen, die sich für solche Preßteile eignen, bei denen es auf besonders große Zähigkeit und Schlagfestigkeit ankommt. Andererseits fließen derartige Preßmassen während des Preßvorganges weniger gut, so daß die Verarbeitung solcher Schnitzelmassen nicht ganz einfach ist.

Durch weitere Zerkleinerung der Gewebeschnitzel oder Spinnfäden läßt sich das Fließvermögen der daraus gewonnenen Preßmassen zwar steigern, man würde aber ihre mechanische Festigkeit bedeutend vermindern. Die als Füllstoff für Preßmassen verwendete Asbestfaser (deutsch Bergflachs genannt) ist eine Gesteinsfaser, die den Massen zwar nicht die gleiche Festigkeit wie das Holzmehl verleiht, diesem gegenüber jedoch den Vorteil bietet, vollkommen unbrennbar zu sein. Infolgedessen zeichnen sich die Asbestmassen durch besonders hohe Wärmebeständigkeit und Glutsicherheit aus. Daneben sind sie sehr unempfindlich gegen Feuchtigkeit, da der Asbest kein Wasser aufnimmt und nicht quillt.

An Stelle von Asbestfasern lassen sich in gewissem Umfange auch heimische Gesteinsmehle verwenden, die die gleichen Eigenschaften laben wie die Asbestfaser.

Asbestfäden oder Asbestschnüre (langfaseriger Bergflachs) als Füllstoff der Preßmassen verleihen den daraus gefertigten Preßteilen außer der guten Wasserbeständigkeit und hohen Glutsicherheit noch hohe mechanische Festigkeit. Die Verarbeitung dieser Preßmassen ist jedoch ziemlich schwierig, da Asbestgespinst-Preßmassen noch schwerer fließen als Preßmassen mit Baumwollgewebeschnitzeln als Füllstoff.

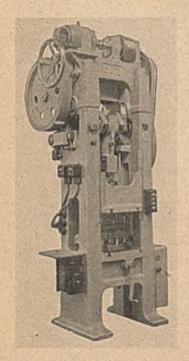
Die Carbamid- oder Harnstoffharz-Preßmassen enthalten in der Hauptsache Holzmehl und reinen Zellstoff als Füllstoff. Zur Erzielung zarter durchscheinender Farben wird reiner Zellstoff, für nicht durchscheinende Harnstoffharz-

massen dagegen ein reines Holzmehl verwendet.

Zum Färben verwendet man organische und anorganisch-Farbstoffe. Preßmassen werden als Warm- oder Schnelle preßmassen mit einem Harzgehalt von 40 bis 50% und als Kaltpreßmassen (Harzgehalt 20—30%) hergestellt, sie finden vorwiegend als Isolierstoffe in der Elektrotechnik Verwendung. Manchmal werden den Schnellpreßmassen noch Härtebeschleuniger (z. B. Hexamethylentetramin) und Metall-

salze als Flußmittel zugesetzt.

Die Preßmischungen werden in den Kunstharzfabriken hergestellt und in Pulverform an die Pressereien abgegeben, die sie mittels hydraulischer Pressen in hochglanzpolierten Stahlformen bei einem Druck von mindestens 150 kg/cm² zu Preßstücken in wenigen Minuten verarbeiten (Abb. 28). Die Preßteile ver-



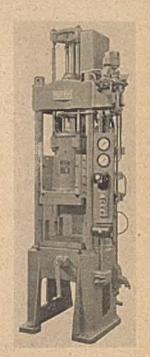


Abb. 28a. Kunstharzpresse mit Kurbelantrieb (Werkbild Götz).

Abb. 28 b. Kunstharzpresse mit hydraulichen Antrieb (Werkbild Götz).

lassen die Form dabei gehärtet. Kaltpreßteile, die bei gewöhnlicher Temperatur gepreßt werden, erfordern höhere Drucke (bis 500 kg/cm²). Die Preßzeit ist um so länger, je

niedriger die Temperatur ist. Bei zu kurzer Preßdauer tritt Blasenbildung ein. Kaltpreßteile haben zwar gute elektrische Eigenschaften, sind aber weit weniger fest, maßhaltig und verzugfrei als Warmpreßteile. Außerdem haben sie eine matte, unansehnliche Oberfläche. Kaltpreßteile werden nach 3 bis 5 Tagen in einem Härteofen bei 1903 und 15 Stunden lang gehärtet, wobei das Harz in den Endzustand C (Resit) übergeht.

Man unterscheidet langsam härtende und schnell härtende Kunstharz-Preßstoffe. Fast alle Phenolharz-Preßstoffe sind Schnellhärter. Diese sind meist mechanisch fester und wärmebeständiger und haben bei gleichem Harz-

träger höhere Glutsicherheit als die Langsamhärter.

Um fehlerfreie Preßteile zu erhalten ist die Beachtung folgender Grundsätze erforderlich:

1. Die Form muß richtig gefüllt sein.

 Preßdruck, Preßtemperatur und Hartezeit sind vorschriftsmäßig einzuhalten.

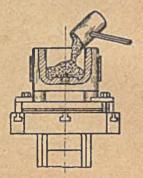
3. Das Preßstück muß ohne Beschädigung und Verformung

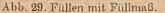
aus der Form gewonnen werden.

Fehler sind meist auf das Nichtbefolgen einer dieser Grund-

regeln zurückzuführen.

Die Preßmassen müssen für jedes Preßstück einzeln abgemessen oder abgewogen sein. Bei kleinen Mengen genügt ein Füllmaß nach Abb. 29, während größere Mengen Preßmasse





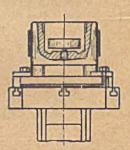


Abb. 30. Füllen mit Tablette.

besser abgewogen werden. Mehrfachformen werden mittels besonderer Füllschablonen gefüllt. In den meisten Fällen wird jedoch eine Tablettenfüllung vorgezogen (Abb. 30). Beim Einteilen der zur Herstellung eines Preßstückes erforderlichen Preßmasse, sei es durch Verwendung von Tabletten oder durch Abmessen bzw. Abwägen von loser Masse, achte man stets darauf, daß ein geringes Zuviel immer besser ist als ein Zuwenig, da man sonst porige, nicht ausgepreßte, in jedem Fall minderwertige, meist sogar unbrauchbare Preßteile erhält. Abb. 31 zeigt das fertige Preßstück in der Form. Die Tabletten werden auf Tablettiermaschinen hergestellt, die genaue Abmessung des Preßpulvers gestatten, so daß der Verlust an Preßmasse sehr gering wird (Abb. 32).

Die Tabletten bieten außer Zeit- und Preßstoffersparnis

den Vorteil, daß sie im Gegensatz zu losem Pulver keine Lufteinschlüsse mehr enthalten, weil sie schon einmal durch Druck verdichtet sind. Ein Lüften der Presse zur Beseitigung eingeschlossener Gase ist somit meist nicht erforderlich. Außerdem lassen sich Tabletten besser aufbewahren und vorwärmen. Schließlich geht auch die Beschickung der Formen schneller und daher billiger vonstatten als mit losem Pulver. Die Tabletten gestatten äußerste Sauberhaltung des Betriebes, verringern die Gefahr des Anbrennens in der Form und ermöglichen eine Formenverbilligung infolge niedrigerer Füllräume und somit geringeren Stahlverbrauches.

Das Vorwärmen kann bei kleinen Preßteilen in der Form selbst geschehen, bei großen Teilen entzieht das kalte Pulver der Form so viel Wärme, daß ein gleichmäßiges Arbeiten in Frage

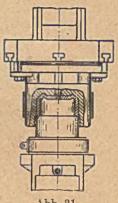


Abb. 31. Fertiges Preßstück in der Form.

gestellt wird. Dann wird das Preßpulver zweckmäßig in einem besonderen Wärmeschrank außerhalb der Form vorgewärmt. Das geschieht bei einer Temperatur von 60 bis 70° etwa 30 Minuten lang. Durch das Vorwärmen wird an Formbeheizung und Stehzeit gespart. Außerdem wird schnelleres und leichteres Schließen der Form ermöglichst.

Das Vorwärmen verhindert nicht nur Blasenbildung, sondern ergibt auch eine gute, gleichmäßige Oberfläche des Preßstücks und wirkt günstig auf die elektrischen Eigenschaften der Preßteile. Insgesamt ist also mit der Vorwärmung der Preßmassen höhere Betriebswirtschaftlichkeit und Güte der Erzeugnisse

verbunden.

Die Temperatur der Formen soll bei den Phenolharz-Schnellpreßmassen innerhalb der Grenzen 150 bis 180° liegen. Harnstoffharzpreßmassen sind bei Temperaturen zwischen 140 und 150' zu verpressen (im Mittel 145').

Kleine oder dickwandige Preßteile preßt man mit hoher, große oder dünnwandige mit niedrigerer Formentemperatur. Der Preßdruck richtet sich nach der Größe und der Ge-

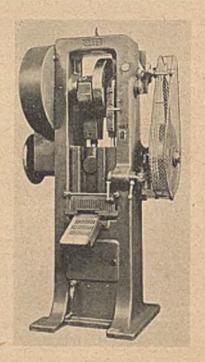


Abb. 32. Automatische Tablettiermaschine mit Exzenterantrieb (Werkbild Götz).

stalt der Preßteile. Je höher der Druck, desto glänzender wird die Oberfläche des Preßteiles. Der Preßdruck soll bei Phenolharz mit Holzmehlfüllung und bei Harnstoffharz mit organischen Füllstoffen mindestens 150 kg/cm², bei Phenolharz mit Textilfaser als Füllung 250 kg/cm² betragen. Mit zunehmender Höhe des Preßteiles muß der Preßdruck gesteigert werden. Bei besonders hohen und steilwandigen Kästen ist unter Umständen sogar ein Preßdruck von 600 kg/cm² und darüber erforderlich.

Auch vom Fließvermögen ist der Preßdruck abhängig. Hohes Fließvermögen haben Preßstoffe mit höherem Harzgehalt oder kurzfaserigem Füllstoff, wohingegen niedriger Harzgehalt oder langfaseriger Füllstoff geringes Fließvermögen ergeben.

Bei höherem Fließvermögen wird mit niedrigem, bei ge-

ringem Fließvermögen mit hohem Druck gepreßt.

Die Härtezeit, auch Brennzeit oder Stehzeit genannt ist die Zeit vom Schließen bis zum Wiederöffnen der Form.

Bei Phenol- oder Kresolharz-Schnellpreßmassen beträgt die Preßzeit je Millimeter Wandstärke etwa 20 Sekunden, bei Langsamhärter etwa 60 Sekunden bei einer Temperatur von etwa 170°. Harnstoffharz-Preßmassen sollen durchschnittlich mit 30 Sekunden je Millimeter Wandstärke bei 140° Formentemperatur gepreßt werden.

Das Fließvermögen beeinflußt ebenfalls die Härtezeit und zwar bedingt geringes Fließvermögen eine kurze und hohes Fließvermögen eine lange Härtezeit. Phenolharze härten schnel-

ler als Kresolharze.

Den Zeitraum vom Auftreffen des Preßstempels auf die Preßmasse bis zum Stillstand des Preßstempels, also die Zeit, die zum vollständigen Schließen der Preßform erforderlich ist, nennt man die Schließzeit. Sie spielt beim Preßvorgang eine wichtige Rolle, deshalb müssen die darüber von den Erzeugerwerken gemachten Angaben streng beachtet werden. Je feiner die Preßmasse, je höher der Preßdruck, je höher die Formentemperatur und je besser die Vorwärmung ist, um so kürzer ist die Schließzeit. Nach vollendeter Pressung werden die Preßstücke durch Preßluft oder mechanische Einrichtungen aus der Form ausgeworfen, was durch die Schwindung der Preßstücke und durch Beigabe schmierend wirkender Stoffe erleichtert wird. Bei Anfertigung der Preßform ist die Schwindung unbedingt zu berücksichtigen, sie schwankt je nach dem Typ der Preßmasse zwischen 0,30 bis zu 1%. Die Schwindung ist vom Preßgang, der Stärke und Gestalt des Preßstückes und von der Temperatur abhängig.

Die Preßteile kommen zwar fertig gehärtet aus der Form, werden aber hohe Anforderungen an die mechanische, thermische und chemische Widerstandsfähigkeit gestellt oder sollen hohe elektrische Werte erreicht werden, so empfiehlt sich mehrstündiges Nachhärten durch langsames Erhitzen der Preßstücke auf 120 bis 150°. Bei starkwandigen Preßstücken ist das Nachhärten immer zu empfehlen. Nach dem Pressen verziehen sich namentlich dünnwandige Preßteile leicht. Um das zu verhindern, zieht man sie auf Holzrahmen oder sonstige Spannvorrich-



Abb. 33. Kunstharz-Preßteile (Werkbild Götz).

tungen auf und läßt sie so langsam erkalten. Abb 33 zeigt eine Zusammenstellung von Kunstharzpreßteilen.

b) Geschichtete Preßstoffe.

Bei den geschichteten Preßstoffen wird der Füllstoff nicht in regelloser Form als Pulver, Faser oder Schnitzel in die Harzmasse eingebettet, vielmehr werden Gewebe- oder Papierbahnen mit der Harzlösung getränkt und getrocknet. Die so entstehenden Hartgewebe oder Hartpapiere werden bei Temperaturen von 160 bis 170° unter Druck von etwa 100 bis 150 kg/cm² zusam-

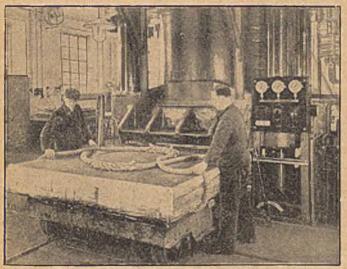


Abb. 34. Ein Riesenblock des Werkstoffs "Trolitax Hartpapier" verläßt die hydraulische Presse (J. G. Bildarchiv).

mengepreßt. (Bei Hartpapier ist der Druck etwa halb so groß.) Dabei geht die chemische Umwandlung des Harzes in den unschmelzbaren und unlöslichen Zustand C (Resit) über.

Hartpapier spielt eine große Rolle als elektrischer Isolierstoff, wird aber auch, ebenso wie Hartgewebe, zu mancherlei Bauzwecken verwendet. Die geschichteten Preßstoffe sind hellgelb bis dunkelbraun, manchmal auch schwarz.

Für das Hartgewebe werden heute in Deutschland Mischgewebe aus Baumwolle mit Zellwolle benutzt. Als Bindemittel

Tafel 34. Eigenschaften und Verwendung

Bezeichnung	Werkstoff	Klasse	Biege- festig- keit $\sigma_{\rm bB}$ kg/cm²	Schlag- bicge- festig- keit	Druck- festig- keit $\sigma_{d,R}$ kg/cm ²	Zug- festig- keit σ _{z R} kg/cm²
Hartpapier) (Platten, Rohre Stäbe, Leisten)	Papierbahnen mit Kresolharz verpreßt	ī	1300	25	1000	1000
		II	1500	- 25	1500	1200
		111	1300	15		1000
		IV	800	8		700
Hartgewebe	Gewebebahnen mit Kresolharz verpreßt	KI. G	1000	25	2000	500
		F	1300	30	2000	800

für die Papier- und Gewebebahnen wird in der Regel Kresol-Resolharz verwendet. Die endlosen Gewebebahnen werden auf besonderen Streichmaschinen mit dem in Spiritus gelösten Harz vom Zustand A durch Auftragen oder Tauchen getränkt. Die Bahnen werden nach dem Tränken bei etwa 100 bis 120' in Heizräumen getrocknet. Für die Weiterverarbeitung zu Platten wird das Papier oft zweiseitig bestrichen, zu gewickelten

Erzeugnissen dagegen nur einseitig.

Hartpapier und Hartgewebe werden zu Platten von etwa 0,5 bis 1 m Breite (selten bis 1,5 m) und 1 bis 1,5 (2) m Länge und Hartgewebeplatten bis zu Dicken von 200 mm hergestellt (Abb. 34). Rohre werden durch Umwickeln der Papier- oder Gewebebahnen um einen umlaufenden Stahldorn unter Druck mit Heizwalzen erzeugt. Die Rohre lassen sich nach dem Wickeln auch über einen Metallkern in quadratische Formen pressen. Vollstäbe können ebenfalls aus gewickelten Rohren mit großen Wandstärken und geringer lichter Weite durch Pressen hergestellt werden. Ferner werden Platten, besonders aus Hartpapier, mit gemusterten Oberflächen, etwa für Wandbekleidung, Möbelfurniere, Tischbeläge usw. durch Pressen angefertigt. Z. B. auch mit holzartiger Maserung und Färbung. Deren Härte ist höher als die von Holzplatten, außerdem sind sie sehr kratzfest. Formteile werden ebenfalls durch Pressen in entspre-

Wärme- festig- keit	Ober- flächen- wider- stand	Wichte g/cm ⁵	Ober- fläche und Farbe	Verwendungszwecke				
130	10 ⁸		bis mest	Hochspannungstechnik				
130	105	1,2 bis		mest	Normaltyp. Allgem. mech. und elektr. Verwendg. DIN 7701			
150	104	1,4	1,4	1,4 • braun	• braun	• braun	• braun	Fernmeldetechnik
150	106			Tropenqualität; bes. niedrige Wasseraufnahme				
130	104	.<1,42 braun	Vorwiegend für mech Telle wie: Zahnräder, Klasse F hat feineres					
139	101		.< 1,42 b	braun	Gewebe, daher besser f. kl. Råder Ferner f. Lagerschalen u. Buchser.			

chende Matrizen erzeugt. Dabei können Metallteile, wie z.B. Buchsen, Schrauben mit eingepreßt werden. Ansätze, Augen und dergl. werden dabei in der Regel aus Wickeln gebildet. Einige Angaben über Eigenschaften und Verwendung von Hartpapier und Hartgewebe enthält Tafel 34.

Hartholz (Lignofel).

In diesem Zusammenhange sei auch das Hartholz erwähnt, das unter dem Handelsnamen Lignofol bekannt ist. Es gehört

zu den Kunstharz-Preßstoffen.

Erzeugt wird es aus Buchenfurnieren, die mit Kunstharz lackiert und bei erhöhter Temperatur in Rahmenformen zusammengepreßt werden. Dabei wird gleichzeitig mit der chemischen Umwandlung des Harzes das Holz verdichtet. Dieses vergütete Holz ist so fest durch das Kunstharz verleimt, daß die Verleimung fester ist als das Holz selbst.

Es wird für Flugzeugpropeller, Gewehrkolben, Zahnräder

u.a. verwendet.

c) Eigenschaften, Typisierung und Normung der Preßstoffe.

Die mechanischen, elektrischen und chemischen Eigenschaften der Kunstharz-Preßstoffe werden vom Füllstoff und der Menge des Harzes bestimmt, die auch die Formtechnik und damit den Anwendungsbereich des Preßlings beeinflussen. Die aus Kunstharzen hergestellten Teile sind sehr isolationsfähig, wasserunempfindlich und ölbeständig. Wegen dieser Eigenschaften wurden sie zuerst in der Elektrotechnik verwendet, deshalb hat sich auch der "Verband Deutscher Elektrotechniker" (V. D. E.) besonders um die Ausbildung von Prüfvorschriften, der Typisierung und die Überwachung der Herstellung verdient gemacht. Durch Beschluß der technischen Kommission der Fachgruppe 7 und der Gruppen 1 und 2 der Wirtschaftsgruppe "Elektroindustrie" (W. E. I.) wurde die .Typisierung der gummifreien nicht keramischen Isolierpreßstoffe" vorgenommen (Tafel 35). Damit sind Mindestwerte festgelegt, die aber heute stets überschritten werden. Die Typisierung bezieht sich hauptsächlich auf Phenol-Kresolharz- und Harnstoffharzpreßstoffe. Sie unterteilt diese Preßstoffe nach ihrer stofflichen Zusammensetzung in verschiedene Typen, die mit Buchstaben und Ziffern bezeichnet sind. (Z. B. Typ 11, 0, S, Z 1 usw.). Die durch die Typen festgelegten Mindestwerte beziehen sich auf mechanische, thermische und elektrische Eigenschaften. Dabei hat man sich auf einige Eigenschaften beschränkt, weil die Typentafel keine erschöpfende Eigenschaftstafel der typisierten Preßstoffe sein, sondern lediglich als Grundlage für eine zweckmäßige Abnahmeprüfung dienen und so die gleichmäßige Güte der Erzeugnisse sicherstellen soll. Die Zusammensetzung ist dabei nur ungefähr, nämlich durch Angabe der Art des Bindemittels (Kunstharz) und des Füllstoffes festgelegt. Bei einigen Füllstoffgruppen sind Unterteilungen nach der Form des Füllstoffes (Fasern, Schnitzel, Bahnen) getroffen.

Die Typenliste umfaßt heute 21 verschiedene Preßstofftypen, von denen die ersten 12 eigentliche Kunstharzpreßstoffe

sind.

Die Füllstoffarten sind gegenwärtig:

Typ 11 körniger, anorganischer Füllstoff (z.B. Gesteinsmehl).

Typ 12 faseriger, anorganischer Füllstoff (z. B. Asbestfaser), Typ M anorganische Gespinste (z. B. Asbestschnur),

Typ T1 kurze Textilfaser,

Typ T2 geschnitzeltes Textilgewebe,

TypT 3 Textilgewebebahnen,

Typ Z1 kurzfaseriger Zellstoff (Flocken, z. B. Papier-flocken),

Typ Z2 Zellstoffschnitzel (z. B. Papierschnitzel), Typ Z3 geschichteter Zellstoff (z. B. Papierbahnen).

Außer härtbaren Kunstharz-Preßstoffen enthält die Typenliste auch noch fünf Preßstoffarten (Typ 2, 4, 7, 8 und A), die

Tafel 35. Typisierung der gummifreien nicht keramischen Isolierpreßstoffe.

	JPHR.	Zusammensetzung	Mechanische Eigenschaften			Thermische Eigenschaften		Elektr. Eigenschaften	
	Тур		Blege- festigkeit mind. kg/cm-	Schlagbiege- festigkeit mind. emkg/cm ²	Kerb- zähigkeit mind. emkg/em²	Wärme- festigkeit nach Martens mind. °C	Glut- festigkeit mind. Gütegrad	Oberflächen-Wider- stand nach 24stünd. Liegen in Wasser mind, Vergleichszahl	Verarbei- tungsart
	11	Phenolharz	500	3,5	1,0	\$ 5 mm 57 ml		Chicago Holefel	Warm-
10	12	mit anorganischem	500	3,5	2,0	150	4	3	pressung
163	M	Füllstoff	700	15,0	15,0	STATE OF		no Sandaline	pressung
7	0	Phenolharz mit Holz-	600	5,0	2,0	100	2	2	Warm-
104	S	mehl als Füllstoff	700	6,0	1,5	125	3	AS THE STREET	pressung
. 1	T 1	Phenolharz mit	600	6,0	6,0		Control Control		and the second
	T 2	Textllfaser	600	12,0	12,0	125	2	3	Warm- pressung
W.	Т 3	als Füllstoff	800	25,0		10 EV 2010 EV 4	TO ME HEADER		bressung
4	2.1	Phenolharz mit	600	5,0	3,5	124 11 12 13	125 3	3	Warm- pressung
	7.2	Zellstoff - als Füllstoff	800	8,0	5,5	125			
	Z 3		1200	15,0	10,0				
	K	Harnstoffharz mit org. Füllstoff	600	5,0	1,2	100	3	4	Warm- pressung
184	6	Naturharz, natürlich	350	3,5	Carl Street	45050405	2	3	Warm- pressung
	7	od. künstl. Bltumen mit anorg. Füllstoff	250	1,5	- 132-314	65	1		
	8	Natürl, oder künstl. Bitumen mit anorg. Füllstoff	150	1,0		45	3	4	Warm- pressung
1	A	Azetylzellulose mit od. ohne Füllstoff	300	15,0	1270	40	1	3	Warm- pressung
	2	Phenolharz mit As-	350	2,0	- P.	150	TOTAL CONTRACTOR	3	Kalt-
1	3	best und anderen an- org. Füllstoffen	200	1,7	10 (III EN)	150		3	pressung
		Natürl, oder künstl. Bitumen mit Asbest u. and. anorg. Füllst.	150	1,2		150	4	3	Kalt- pressung
04	Y	Bleiborat m. Glimmer	1000	5,0	-	400	5	4	Warmpress.
1	X	Zement od. Wasser- glas mit Asbest und and, anorg. Füllstoff	150	1,5		250	5		Kalt- pressung

185

nicht härtbar sind. Ferner die rein anorganischen, lediglich

elektrotechnischen Baustoffe Typ Y und Typ X.

Das Staatliche Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem (M.P.A.) überwacht die Einhaltung der vorgeschriebenen Mindesteigenschaften der Typen bei allen dem Überwachungsvertrag unterworfenen Preßwerken und den Herstellern von Preßmassen, die dafür das Recht haben das Überwachungszeichen nach DIN 7702 (Abb. 35) einzupressen. Dieses Zeichen rügt eine den Erzeuger kennzeichnende Ziffer, die vom M. P. A. erteilt wird und die Typangabe des Werkstoffes. Das Überwachungszeichen wird bei den Preßmassen auf der Verpackung



Abb. 35. Überwachungszeichen DIN 7702 für typisierte Preß-massen und Preßstoffe.

Das eigentliche Zeichen, ohne Buchstaben und Ziffern, stellt stilisiert die Buchstaben MPBD (Materialprüfungsamt Berlin-Dalien) dar. Das Pretteil wurde in diesem Falle vom Nr. 18 aus Typ S hergestellt.

geführt, bei den Preßstoffen in die Preßteile eingepreßt. Die deutschen Hersteller von Preßmassen sind heute alle dem Vertrag angeschlossen, die meisten Hersteller typisierter Preßstoffe ebenfalls, so daß der Abnehmer Garantie für die gelieferte Ware hat.

Mit der Typisierung ist für die Preßstoffe die einheitliche Bezeichnung geschaffen. Die Hersteller gehen jetzt mehr und mehr dazu über, die Typenbezeichnung auch unmittelbar zur Benennung ihrer Erzeugnisse zu benutzen oder ihrem Handelsnamen beizufügen (z.B. Durax Typ 0, Pertinit S, Thesit T 2 usw.).

Die Normung der Kunstharz-Preßstoffe.

Das DIN-Blatt 7701 enthält Angaben über die warmgepreßten Kunstharz-Preßstoffe. Aufgenommen sind nur die wichtigsten typisierten und klassifizierten Stoffe und zwar A "Nichtgeschichtete Preßstoffe" und B "Geschichtete Preßstoffe".

In zwei Tafeln sind, weitergehend als in der Typenliste, Angaben über wichtige mechanische, thermische und chemische Eigenschaften der nichtgesclichteten Preßstoffe enthalten. Tafel 1 enthält die mechanischen und die thermischen, Tafel 2 die chemischen Eigenschaften. Aufgenommen sind natürlich nur die Kunstharz-Preßstoffe der Typenliste, mit Ausnahme der Type 0 (Phenolharz mit Holzmehlfüllung). Das DINblatt enthält in Tafel 1 außer den in der Typenliste angegebenen

Eigenschaften noch Angaben über Härte, Elastizitätsmodul, Druck- und Zugfestigkeit, Wärmedehnung, Eigenschaften bei kurzzeitiger und dauernder Wärmebeanspruchung. Tafel 2 enthält Angaben über chemische Beständigkeit gegenüber Spiritus. Azeton, Äther, Benzin und Terpentinöl, Benzol und Homologe. Fette und Öle, Chlorwasserstoffe, starken und schwachen Säuren und Laugen. Von den geschichteten Preßstoffen (Platten. Rohre, Formstangen), den Hartpapieren und Hartgeweben. die im Normblatt 7701 behandelt sind, nennt Tafel 3 des DINblattes drei Klassen und zwar für Hartpapier Klasse II und für Hartgewebe die Klassen G (Grobgewebe) und F (Feingewebe). Da sich die Gewebe G und F auf Baumwollfaser beziehen, sind in einem Nachtrag zum Normblatt die Gewebeklassen für Zellwolle enthalten (GZ und FZ). Die VDE.-Vorschrift 0318 unterscheidet für Hartpapiere vier Klassen I, II, III und IV, in das Normblatt ist nur die gebräuchlichste aufgenommen worden. Für die einzelnen Herstellungsklassen werden Angaben gemacht über Biegefestigkeit, Schlagbiegefestigkeit, Druckfestigkeit, Zugfestigkeit, Härte, Elastizität, Spaltfestigkeit, Wärmedehnung, Wichte und Bearbeitbarkeit.

Angaben über Eigenschaften und Art der Verwendung von Kunstharzpreßstoffen nach DIN 7701 enthält die Tafel 36 und als Beispiel für die physikalischen Eigenschaften bestimmter Preßstoffe Tafel 37 für die Handelsmarke Novotext. (Vergl. Tafel 34). Außer DIN 7701 befassen sich noch zwei weitere Normblätter, DIN 7702 und DIN 7703; mit den Kunstharz-Preßstoffen. Im Normblatt 7702 ist das Überwachungszeichen für typisierte Preßmassen und Preßstoffe hinsichtlich seiner Abmessungen usw. festgelegt. DIN 7703 bezieht sich auf Lager und Lagerbuchsen aus Kunstharz-Preßstoff T 2 oder T 3 und Hartgewebe Klasse G oder F. Es enthält technische Lieferbedingungen über Erzeugnisse aus Kunstharz-Preßmassen, Angaben über Ausführungsarten, Werkstoffe und Bezeichnungen, Kennzeichnung und Abnahmenrüfung von Lagern

und Lagerbuchsen.

d) Die Prüfung der Kunstharz-Preßstoffe.

Genormt sind die Prüfverfahren noch nicht, doch ist die Normung in Vorbereitung. Dagegen sind eine Reihe von Prüfvorschriften vom VDE festgelegt. So enthält VDE. 0302 Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe; VDE. 0303 Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen; VDE. 0305 Leitsätze für die Glutfestigkeit von Isolierstoffen; VDE. 0320 Leitsätze für nichtkeramische, gummifreie Isolierpreßstoffe.

Diese Prüfverfahren sind jedoch für Kunststoffe, die für

Tafel 36. Bezeichnung, Eigenschaften und härtbaren Kunstharz-

1770	The last of the la	100 m/s 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00		CONTRACTOR OF STREET	Company of the Party
Тур	Zusammensetzung	Biege- festigkeit O _{BB} kg/cm ² mind	Schlag- Biegefestig- keit emkg/cm² mind,	Druck- festigkelt $\sigma_{ m d B}$ kg/cm ² mind.	Zug- festlgkeit o B kg/cm² mind.
11	Phenolharz mit	500	3,5	1200 .	150
1 2	anorganischem	500	3,5	1200	250
М	Füllstoff	700	15,0	1200	250
s	Phenolharz mit Holz-	600	5,0	2000	250
0	mehi als Füllstoff	700	8,0		
Z1	Phenolhorz mit	600	5,0	1400	250
Z2	Holzzellstoff als	800	8,0	1000	250
Z 3	Fullstoff	1200	15,0	1600	800
Ti	TIL - III	600	6,0	1400	250
T2	Phenolharz mit Textilfaser als	600	12,0	1400	250
Т3	Füllstoff	800	25,0	1200	250

Verwendungszwecke der wichtigsten, Preßstoffe (nach DIN 7701).

_						
	Elastizitäts- mondul E . kg/cm²	Wärme- festigkeit mind.	Wichte kg/dm²	Elektr. Durch- schlagsfestig- keit bei 1 mm Platte KV/mm	Ober- fläche und Farbe	Anwendung - und Eigenschaften
	60 000 bis 150 000	150	1,8		schwarz und braun	Guter Isolierstoff: geringe Brennbar- colf, für starke
1	00 000 bls 150 000	150	1,8	8		Wärmebeanspru- chung z. B. Lam- penfassungen fester
	90 000 bis 150 000	150	1,8		schlechte Oberfl, dunkelb	Höchste Festigkeit bei allgem. Beanspruchung. Dünne, hohe Wände u. Ge- winde schwierig > 2 mm
	55 000 bis 80 000	100	1,35	17	Hoengi. schw. braun farbig	7/10 aller Anwendungsfälle Isolier- und Baustoff der Stark- u. Schwachstrom- technik.
		125	1,35	17	braun	Nur Isolierstoff für Schwachstromtechnik.
	60 000 bis 80 000	125	1,4		200 To 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19 19	mech. feste Bau- und Iso- lierstoffe, statisch und dy- namisch. Bessere Kerb-
	60 000 bis 100 000	125	1,4	20	Oberil.	zähigkeit, Schlechte Flie- Bung, keine dünnen hohen Wände.
	80 000 his 130 000	125	1,4		bei Typs	Formgebung mit geschich- teten Gewebebahnen.
	50 000 bis 90 000	125	1,4		hell- bis dunkel- braun	Teile nehmen infolge der Gewebelaser leichter Feuchtigkeit auf. Grat-
	70 000 bis 100 000	125	1,4	15	Ober- fläche	entfernung schwierig. Kei- ne kleinen Gewinde.Wän- de nicht unter 2 mm.
	40 000 bis 90 000 0	125	1,4		geringer als TypS	Festester Kunstharzpreß- stoff für Teile mit glattem und wechselndem Quer- schnitt (splitterfest)

Tafel 37. Physikalische Eigenschaften von Novotext1).

Werkstoff	Platten	werkstoff	Schnitzelwerkstoff	Rohr- u. Stabwerk- stoff
4 Gewebeart	grob	fein	grob	fein
Wichte: etwa	1,33 gr/cm ^a 1,32 gr/cm ^a		1,3 gr/em³	1,3 gr/cm ³
Schichtzahl / cm etwa	14	37		gewickelt und nachgepreßt
Biegefestigkeit, Kraftrichtung senkrecht z. Schichtung wangerecht z. Schichtung	1150 kg/cm ³ 1120 kg/cm ⁴	1500 kg/cm ² 1500 kg/cm ²	600 kg/cm²	1500—1700 kg/cm²
Schlagbiegefestigkeit, Kraftrichtg. senkrecht z. Schichtung waagerecht z. Schichtung	30 cmkg/cm ² 26 cmkg/cm ²	20 cmkg/cm ² 31 cmkg/cm ²	15 cmkg/cm²	ca, 30 cmkg/cm ²
Zugfestigkeit	550 kg/cm ²	950 kg/cm ²	250 kg/cm ²	ca, 830 kg/cm ¹
Druckfestigkeit, Kraftrichtung senkrecht z. Schichtung waagerecht z. Schichtung	2900 kg/cm ² 2400 kg/cm ²	3500 kg/cm ² 2500 kg/cm ²	2700 kg/cm ² 1850 kg/cm ²	ca. 2200 kg/cm²
Kugeldruckfestigkeit	40 kg/mm ³	40 kg/mm ²	35 kg/mm ⁴	
Elastizitätsmodul	75000 kg/cm ³	83000 kg/cm ²	50000 kg/cm ²	90000 kg/cm ²
Widerstand gegen Spalten	1 640 kg	630 kg	560 kg	Market - Bullet I
Wasserauf- nahme nach 4 Tagen etwa	Abschnittgröße 15 × 120 × 10 mm 0,9%	Abschnittgröße 15 × 120 × 6,5 mm . 1,0%	Abschnittgröße 15 × 120 × 7 mm 1,16%	etwa wie Novotext Feingewebe
Ölaufnahme nach 4 Tagen etwa	Abschnittgröße 15 × 120 × 10 mm 0,2%	Abschnittgröße 15 × 120 × 6,5 mm 0,09%	Abschnittgröße 15 × 120 × 7 mm 0,12%	etwa wie Novotext Feingewebe
Wärmebeständigkeit nach 4 Std. Behandlung in Öl von 130°C keine merkliche Veränderung!			ständig. Kurzzeitig	etwa 110°C dauerbe- e Beanspruchung bis chädlichen Einfluß.

Da naturgemäß die Festigkeitswerte von Kunstharzpreßstoffen — abhängig von der Formgebung — einer Streuung unterworfen sind, sind Mittelwerte angegeben, wie sie auf Grund laufender Untersuchungen am Prüfstab gefunden wurden.

Die vorgeschriebenen Mindestwerte sind in der DINORM 7701 festgelegt.

¹⁾ Angaben vom Hersteller, der A.E.G.-Berlin, Novotext wird entweder als geschichteter Plattenwerkstoff (Hart-gewebe) oder als Kunstharz mit Gewebeschnitzeln als Füllstoff hergestellt.

nichtelektrotechnische Anwendungsgebiete bestimmt sind. nicht ausreichend. Es liegen aber Entwürfe vor, die vom "Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik" (DVM.), "VDI-Fachausschuß für Kunst- und Preßstoffe" und "Verband Deutscher Elektrotechniker e. V." (VDE.) ausgearbeitet wurden"). Im Entwurf DIN 53451 sind alle Bedingungen für die Herstellung vonProbekörpern durch Formpressen, Formspritzen und spangebende Formung enthalten. Der DIN-Entwurf 53452 enthält Angaben über die Durchführung von Biegeprüfungen an Kunststoffen.

e) Verwendung der Kunstharz-Preßstoffe.

Kunstharz-Preßstoffe sind wichtige Austauschwerkstoffe. Heute werden sie außer in der Elektroindustrie auch im Maschinenbau weitestgehend benutzt. So verwendet man Hartgewebe besonders bei der Leichtmetallbearbeitung vorteilhaft im Vorrichtungsbau, für Werkzeuge zur spanlosen Bearbeitung, wie Ziehwerkzeuge, Formstangen, Rippenprüflehren, Walzen zum Biegen von Spanten, Hämmer usw. Hartpapier wird dort bevorzugt, wo es nur zum Aufbau dient, z. B. zu Aufbauten für Schnitte, Bohr- und andere Vorrichtungen, Bördel- und Umschlagstücke, Sockel für Formstangen u. a. m.

Die Werkstoffe zeichnen sich vorteilhaft aus durch: Geringes Gewicht, gute Bearbeitungsmöglichkeit, Schutz der Oberflächen der zu bearbeitenden Leichtmetalle und Fortfall der Oberflächenbearbeitung der bezogenen Platten.

Ein anderes Gebiet, das sich der Kunstharz-Preßstoffe zum Austausch gegen Metalle bedient, ist der Kraftfahrzeugbzw. Kraftfahrzeugteilebau. Man stellt Nockenwellenräder, Zahnräder, Lager und mancherlei andere Teile für Kraftfahrzeuge aus Kunstharz-Preßstoff her. Aber auch die Lagerung für Teile der Lenkung, der Achsen und Federn, der Bremselemente und der Schaltung kann heute aus Kunstharz-Preßstoff hergestellt werden. Ferner Isolierteile, Sicherungskästen, Verteilerkappen, Spulengehäuse u. v. a. m.

Außerdem werden auch Teile der allgemeinen technischen Ausstattung aus Kunstharz-Preßstoffen gebaut, so z.B. Gehäuse für Benzinuhren und Meßgeräte, Armaturenbretter, Zylinderkopf-Abdeckhauben, Öleinfüllstutzen, Brennstoffpunnpen-Gehäuse, Kupplungsdeckel, Vergaserteile, Fensterführungsschienen u.a.m. Auf diesen Anwendungsgebieten treten folgende Vorteile der Preßstoffe in den Vor-

dergrund:

¹⁾ Vergl. Zeitschrift "Kunststoffe" Bd. 30 (1940) Heft 1, Seite 21—23.

Im Vergleich zu Holz sind sie witterungsbeständig und

praktisch verzugfrei;

im Vergleich zu Eisen sind sie leichter und rosten nicht; gegenüber Buntmetallen sind sie leichter und sparen Devisen:

besonderer Anstrich erübrigt sich durch Blankpressen, oder durch anders ausgeführte Oberflächen von Preßteilen; die Teile können einbaufertig, entsprechend der Preßtechnik, geliefert werden, so daß Nacharbeiten wegfallen.

Vielfache Austauschanregungen gibt die Textilindustrie, die sich zum Teil die Erfahrungen anderer Industriezweige zu-

nutze macht.

Für Zahnräder, Lager, Behälterfutter, Jiggerlager, Streckrahmen, Trägerteile für Gambehandlung wird Hartgewebe benutzt; Spulen, Spinnräder, Auszugsbolzen an Nadelabstrecken werden aus Typ S oder T 2 gefertigt, und Flanschspulen, Garnwinden, Lagerstangen des Lieferzylinders an Zwirnmaschinen

werden aus Hartpapier hergestellt.

Auch im landwirtschaftlichen Maschinenbau müssen Metalle durch Kunstharz-Preßstoffe eingespart werden. Lager für Grasmäherkurbeln, Packerlager für Schlepperbinder, Scharnierlager für Binder, Lager für Vorgelegewellen und Messerkurbelwellen und Kupplungsbuchsen für Schlepper können u. a. aus Hartgewebe hergestellt werden. Buchsen aus T 2 für Lagerung von Vorderachsen, Kupplungshebeln, Tragfedern, Handhebeln Exzenterschubstanzen sowie Anlaufsscheiben aus T 2 oder Kunstharz-Schnitzelwerkstoff haben sich mehr und mehr durchgesetzt.

Als Lagerwerkstoff finden die Kunstharz-Preßstoffe immer mehr Anwendung. Man stellt heute Lager von Walzgerüsten aus Kunstharz-Preßstoffen her und hat damit gute

Erfolge erzielt.

Schwieriger wie bei den Lagern der Walzgerüste gestaltet sich die Verwendung der Kunstharz-Preßstoffe bei den verschiedenartigen empfindlichen Lagern des allgemeinen Maschinenbaues. Hier tritt infolge der geschlossenen Bauart eine größere Wärmestauung auf, die mit verschiedenen Mitteln be-

kämpft und verringert werden muß.

Vor allem ist eine gute Schmierung der Lager erforderlich. Das Lagerspiel muß so groß wie möglich gehalten werden, mindestens aber um die Hälfte größer als bei Metallschalen. Wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit der Kunstharz-Preßstoffe sind die Lager kurz auszuführen, was durchaus möglich ist, da die Belastung je Flächeneinheit höher sein kann, weil die Verschleißfestigkeit dieser Stoffe sehr groß ist. Ferner gelten noch folgende Regeln: Dünne Preßstoffschale, im

Mittel 10% des Zapfendurchmessers, gut hearbeitete Lagerfläche, harter Zapfen von tadelloser Glätte. Von wesenlichem Einfluß auf die Eigenschaften des Preßstofflagers sind Art und Form der Füllstoffe. Als Füllstoffe kommen hauptsächlich Gewebe (Baumwolle und Zellwolle) und Papier in Frage.

Mit Kunstharz getränkte Gewebeschnitzel oder Papierschnitzel können unmittelbar zu fertigen Lagerschalen formgepreßt werden. Das ist vom Standpunkt der Rohstoffersparung erwünscht, weil dabei kein Abfall entsteht Außerdem können kunstharzgetränkte Gewebebahnen zu Platten oder Rohren

verpreßt für Lagerzwecke verwendet werden¹).

f) Die Bearbeitung von Kunstharz-Preßstoffen.

Die spanlose Verarbeitung von Kunstharz-Preßstoffen erfolgt außer durch das bereits beschriebene Pressen in Formen neuerdings auch durch Strangpressen. So lassen sich von den Typen O. S und K beliebig lange Profile, Rohre und Platten von etwa 200 x 5 mm Querschnitt herstellen. Allerdings darf die Arbeitsgeschwindigkeit dabei nicht zu groß sein, der Vorschub ist entsprechend der Werkstoffzufuhr zu regeln; die Strangpresse kann jedoch ununterbrochen arbeiten. Durch Strangpressen werden hergestellt: Profile für Gardinenstangen, Rohre für Steh- und Pendelleuchter, Haltestangen für Bahnwagen und Omnibusse, Rohre für die Verlegung von blanken Starkstromleitungen, Bretter als (termitensicherer) Fußbodenbelag für die Tropen u. a. m. Gebogene oder verwundene Rohre und Stäbe können dadurch hergestellt werden, daß an der Austrittsstelle der Form ein entsprechendes Biegewerkzeug angebracht wird.

Das Spritzen der härtbaren Kunstharz-Preßstoffe ist unter besonderen Bedingungen ebenfalls möglich. Die gespritzten Teile sind bei sachgemäßer Arbeitsweise den gepreßten

gleichwertig.

Die Bearbeitung der Preßteile beschränkt sich auf Beseitiggung des feinen Grates durch Feilen, Schleifen oder dergl., gewisse Verbindungsarbeiten wie Schrauben, Nieten oder auch wohl Rillen mit besonderen Kittmassen und spanabhebenden Maßnahmen. Die härtbaren Kunstharz-Preßstoffe lassen sich wie Metalle durch Spanabnahme bearbeiten. Der starken Staubentwicklung bei der Spanabnahme wegen empfiehlt es sich die für diesen Zweck ausgewählten Maschinen gesondert aufzu-

¹⁾ Vergl. VDI-Richtlinien, Gestaltung und Verwendung von Gleitlagern aus Kunstharz-Preßstoffen" (VDI-Verlag G. m. b. H. Berlin N. W. 7).

stellen oder gut arbeitende Absaugevorrichtungen anzubringen. Der bei anorganischem Preßstoff wie Bleiboratglas mit hohem Glimmerzusatz (Mycalex) auftretende Werkstoffstaub ist gesundheitsschädlich, die Arbeiter müssen daher bei Bearbeitung

derartiger Stoffe eine Schutzmaske tragen.

Zur Erzielung glatter Oberflächen sind scharfe Werkzeuge und hohe Schnittgeschwindigkeiten bei kleinen Vorschüben erforderlich (Tafel 38). Als Werkzeugstähle für Dreh-, Bohr- und Fräswerkzeuge und Sägen kommen mindestens Schneilstähle, besser jedoch Schneidwerkzeuge mit Hartmetallschneiden (siehe Bd. Werkstoffe, Teil I) zur Verwendung.

Die spangebende Bearbeitung kann auf den auch für Metalle

verwendeten Maschinen erfolgen.

g) Gestaltungsregeln für Kunstharz-Preßstoffe.

Bei der Formgebung von Teilen aus Kunstharz-Preßstoff muß sich der Konstrukteur in weitgehendem Maße frei machen von den bei Metallen angewandten Gestaltungsregeln. Man kann das konstruktive Gefühl für eine werkstoffgerechte Konstruktion von Teilen aus Preßstoffen erst erhalten, wenn man sich den Preßvorgang vergegenwärtigt. Die Preßmasse wird unter Druck und Hitze verflüssigt, füllt alle Verzweigungen des durch das geschlossene Preßwerkzeug gebildeten, teilweise sehr komplizierten Hohlraumes aus und erstarrt nach einer gewissen Zeit durch chemische Umwandlung (Härtung, Kondensation, Vulkanisation). Die Zeitdauer dieser Härtung ist abhängig von der Wandstärke des Preßteiles. Dem Fließen der Preßmasse mit anschließendem chemischen Umwandlungsvorgang muß Rechnung getragen werden, durch Beachtung folgender Regeln der Gestaltung.

Ausreichender Anzug, damit die Stücke aus der Form gehoben werden können, gute Übergänge, Rundungen statt scharfer Kanten, keine Werkstoffanhäufungen, möglichst Verzicht auf Unterschneidungen, die erheblich verteuern. Größere ebene Flächen sind zu vermeiden, um ein Verziehen zu verhindern. Dünne Wände, d. h. statt dicker Vollteile Hohlkörper. Die Festigkeit erhöht man durch gewölbte Flächen oder Verrippung. Keine Formnachahmungen von aus Holz oder Metall herge-

stellten Teilen.

Löcher und Gewinde kann man bis herab zu kleinsten Abmessungen direkt im Preßstück abformen durch in das Preßwerkzeug eingesetzte Stifte. Dabei soll man aber als unterste Grenze für eingepreßte Löcher und Gewinde 1,5 bis 2 mm (bei Gewinde Kerndurchmesser), bei einer Tiefe des doppelten Durchmessers, nicht unterschreiten.

Will man Metallteile in Preßstoff einbetten, muß man be-

Tafel 38. Bearbeiten von Kunstharzpreßstoffen auf Phenolgrundlaget) Werte für Schnittgeschwindigkeit v und Vorschub s.

SALAS SA	Geschichtete Preßstoffe (Hartgewebe)	Regellose Preßstoffe Füllstoff; Gewebeschnitzel oder Papierschnitzel
Drehen	$ \begin{array}{llllllllllllllllllllllllllllllllllll$	Hartmetallwerkzeuge v = 150 bls 400 m/min, scharfe Schneiden, großer Frelwinkel; auf leichten Spanabfluß achten
Bohren	Gewöhnlicher Sonderbohrer (sog. Hartgunmfbohrer) verwendbar. Für Dauerbetrieb Spiralbohrer mit schr schlanker Spirale und weiten Nuten zweck- mäßg. Das Zusetzen der Spirale vermeiden, Späne gut abführen. Löcher bis 12 mm mit Spitzbohrer, größere Rohrungen mit Zapfenbohrer bearbetten. v = 30 bis 40 m/mln Hartgewebe kann senkrecht und waagerecht zur Schlehtung gebohrt werden.	Spiralbohrer mit 15° Steigung und 15° Spitzen- winkel, v = 15 bis 25 m/min im Höchstfalle, ge- wöhnlicher Vorschub, Sacklächer durch Spitzbohrer mit Hartmetallschneiden
Gewinde- schneiden	Vorbohren 2. zylindrischem Spiralbohrer; Spitzen- winkel 65°, weite, steile Nuten, Schmiermittel Talg oder Öl — Lochachse senkrecht zur Schichtung	Gewindchaltige Metallbuchsen werden maßgerecht gepreßt
Fräsen ,	Auslaufseite des Werkstückes durch Verspannen gegen Ausbrechen sichern. v = 40 bis 60 m/min Gewinde möglichst fräsen: v = 100 m/min Zahnfräsen: v = 35 m/min s = 0,4 bis 0,8 mm Schichten müssen parallel zur Zerspanungsrichtung laufen	Schlitze, Löcher, Verzahnungen werden maßgerecht eingepreßt
Sägen	Kreissäge mit 50 m/s Umfangsgeschwindigkeit, 200 bls 350 mm Dmr., 2 bls 3,5 mm dick bls 6 mm Dicke des Hartgewebes, 4 bls 5 mm dick bler 6 mm Dicke des Hartgewebes Bandsäge mit 35 bls 40 m/s Schnittgeschwindigkeit Freiwinkel 30°, Keilwinkel 55°, wenig schränken, Zahnteilung 6 bls 12 mm. Senkrecht zur Schichtrichtung sägen	Bandsägen 0,8 mm dick, 22 mm breit, 5 bis 8 Zähne auf 25 mm, 1000 bis 1100 m/min Geschwindigkeit für Grobschnitte — Dünne Stäbe und Röhren mit Trennschleifscheiben trennen Trennschleifscheiben 200 mm Dmr., 1,5 mm dick, 3000 m/min Umfangsgeschwindigkeit Platten und Tafeln schneidet man auch mit Trennschleifscheiben, und zwar 355 mm Dmr., 3 mm dick, 4 3000 m/min Umfangsgeschwindigkeit
Hobeln, Nuten	Scharfe Schneiden mit 60 m/min Geschwindigkeit	Formstücke werden maßgerecht gepreßt

rücksichtigen, daß Kunstharzpreßstoff stärker schwindet als das umpreßte Metall. Es entstehen also in der das Metall unschließenden Preßstoffschicht Spannungen, die sich je nach der Verhältnisgröße von eingebetteten Metallen zur Preßstoffummantelung in Rissen auslösen. Bestimmte Angaben über das Verhältnis von Metallgröße und der des umgebenden Preßstoffes lassen sich nicht machen, man muß vielmehr auf Grund von Erfahrungen von Fall zu Fall entscheiden.

Die Herstellungsgenauigkeit von Teilen aus Kunstharz-Preßstoffen ist recht groß. In Tafel 89 sind die Toleranzen angegeben,

deren Einhaltung möglich ist.

Tafel 39. Toleranzen für Teile aus Kunstharz-Preßstoffen.

		1.5	The second second second	
Maße mm	Zulässige Abweichungen Außen- und Mittenabstände v. Bohrunge Innenmaße gepreßt gebohrt mm mm			
über 3 bis 30 über 30 bis 50 über 50 bis 80 über 80 bis 120 über 120 bis 180 über 180 bis 260 über 260 bis 360 über 360 bis 500	$\begin{array}{c} \pm \ 0.15 \\ \pm \ 0.20 \\ \pm \ 0.30 \\ \pm \ 0.40 \\ \hline \pm \ 0.50 \\ + \ 0.70 \\ - \ 0.60 \\ + \ 0.90 \\ - \ 0.80 \\ + \ 1.00 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \pm \ 0,10 \\ \pm \ 0,10 \\ \pm \ 0,20 \\ \pm \ 0,30 \\ \pm \ 0,50 \\ + \ 0,70 \\ - \ 0,60 \\ + \ 0,90 \\ - \ 0,80 \\ + \ 1,00 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \pm \ 0.15 \\ \pm \ 0.20 \\ \pm \ 0.25 \\ + \ 0.30 \end{array}$	

h) Gußharze (Edelkunstharze).

Richtiger ist die Bezeichnung "Gußharz" für die nicht preßbaren, in eine offene Form gegossenen Kunstharze, doch werden sie meist als "Edelkunstharze" bezeichnet. Gußharze kommen im Maschinen- und Apparatebau bisher wenig zur Verwendung, sondern vorwiegend für Schmuck- und Galanteriewaren.

Es handelt sich hierbei um Kunstharze auf der Grundlage Phenol-Kresol-Formaldehyd oder auch Harnstoff-Thioharnstoff-Formaldehyd. Zuerst bemühte man sich, aus den Kunstharzen im Phenol-Zustand feste, blasenfreie Stücke zu erzielen, weil das reine Harz seines Aussehens wegen zur Schaffung eines Bernsteinersatzes verleitete. Bernsteinähnliche Stoffe entstehen. wenn man das flüssige Harz in einen Glaskolben gießt und bei vorsichtiger Erwärmung weiter behandelt. Die Technik dieser Harze ist daher älter als die der Prcßmassen. Das Gußharz läßt sich gut durch Spanabnahme bearbeiten, man bezeichnet es deshalb auch als Schnitz- oder Drechslerwerkstoff. Da das Harz außerdem sehr gute Elastizität aufweist und sich durch Farbzusätze in seinem Aussehen leicht verändern läßt, lassen sich damit nicht nur Bernstein, sondern auch Elfenbein, Schildpatt, Edelquarze und viele andere gefärbte Stoffe nachahmen. Deshalb hat dieses Harz im Kunstgewerbe weitgehend Eingang gefunden. Man stellt daraus Schmucksachen, Stock- und Schirmgriffe, Raucherartikel, Schachfiguren, Bürstenplatten, Spiegelrahmen für Handspiegel, Billardbälle und viele geschmackvolle Haushaltgegenstände her.

Gußharze werden außer in fertigen Formstücken, in denen sie bei mäßiger Wärme (70 bis 100°) langsam erhärten, auch als Platten, Blöcke, Formstangen und Rohre in den Handel gebracht. Durch Spanabnahme können sie leicht weiter verformt werden. Sperrholz kann mit einer dünnen Schicht Gußharz überzogen zu Wankverbleidungen und im Möbelbau gute Verwendung finden. Bekannte Handelsnamen von Gußharz sind:

Alberit, Bakelite, Dekrit, Leukorit, Trolon u. a.

Eigenschaften der Gußharze:

Wichte	etwa 1,3 g/cm ³
Biegefestigkeit	500 bis 1200 kg/cm ²
Schlagbiegefestigkeit	12 bis 30 kg/cm ²
Zugfestigkeit	
Druckfestigkeit	

5. Eiweiß-Kunststoffe.

Zu den härtbaren Kunststoffen gehören in gewisser Beziehung auch die Eiweiß-Kunststoffe, die in Abb. 25 unter den "von Naturstoffen abgewandelten Kunststoffe" aufgeführt sind. Das bekannteste ist das unter dem Namen "Galalith" in den Handel kommende aus dem Kasein der Magernilch hergestellte Kunsthorn. Es wird unter hohem Druck auf Schnekkenstrangpressen zu Platten, Stäben, Rohren und Formstücken verarbeitet. Die Platten und Stäbe lassen sich in einem Bad von Formalin härten, ein Vorgang, den man besser mit Gerbung bezeichnet. Kunsthorn läßt sich gut färben, aber nur beschränkt spanlos formen. Bei hohen Geschwindigkeiten läßt es sich gut zerspanen und polieren. Es wird zu Knöpfen, Löffeln, Schirm- und Stockkrücken, Möbelbeschlagteilen und dergl. verwendet.

Auch das Eiweiß des in den Schlachthöfen anfallenden Rinderblutes läßt sich zu einem ähnlichen Kunststoff verarbeiten wie die Magermilch.

Kunsthorn ist zäh, hart, elastisch und nicht brennbar.

II. Kunststoffe aus Zellulose und deren Abkömmlingen.

1. Allgemeines.

Die Zellulose (Zellstoff) bildet die Zellwände junger Pflanzen, sie geht bei älteren Pflanzen meist allmählich in Holz über. Man gewinnt sie daher meist aus Holz (Nadelholz, neuerdings auch Buchenholz), das in Zellstoffabriken aufgeschlossen und von Nichtzellulosebestandteilen befreit wird, die etwa 50% des Holzes betragen. Die so gewonnene Zellulose wird gereinigt, gebleicht und zu mancherlei Kunststoffen weiter verarbeitet. Die Samenhärchen der Baumwollfrucht, Baumwoll-Linters genannt, geben eine fast reine Zellulose. Baumwoll- und Holzzellulose werden nach verschiedenen Verfahren zu Kunststoffen weiter verarbeitet. Eine Übersicht gibt das Schema Abb. 36

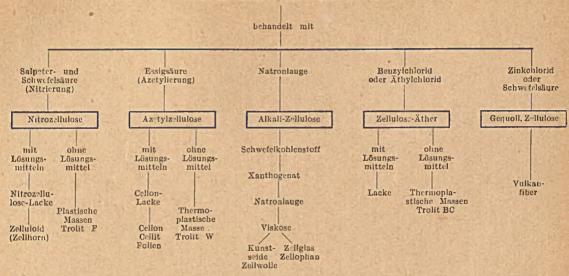
Die Nitrozellulose, Nitratzellulose oder Zellulosenitrat, früher auch Schießbaumwolle genannt, löst sich in einer ganzen Reihe von Flüssigkeiten zu einer zähen, klebrigen, fadenziehenden Masse. Sie bildet den Grundstoff für die Nitratzelluloseseide.

2. Vulkanfiber.

Bei Einwirkung von Zinkchlorid oder Schwefelsäure entsteht die Vulkanfiber, oft auch einfach Fiber genannt. Es ist ein papierartiger Stoff, der in Stangen, Platten oder Rohren hergestellt wird. Formstücke müssen aus Platten herausgearbeitet werden.

Vulkanfiber ist beständig gegen Äther, Alkohole, Benzin, Benzol und Öle, sie kann Wasser aufnehmen und ist — wenn auch schwach — brennbar. Durch besondere Behandlung (Imprägnierung) kann die Fiber wusserfest und unbrennbar gemacht werden. Sie wird weich oder hart und zähe geliefert. Vulkanfiber läßt sich in beschränktem Maße spanlos und gut spanabhebend verarbeiten. Man verwendet sie für Koffer und Kofferecken, einfache Schalen, Drucklagerringe, Kupplungsscheiben, Dichtungsringe an Stelle von Leder, Reibungsringe, Bremsklötze usw.

Abb. 36. Kunststoffe aus Zellulose.



Eigenschaften der Vulkanfiber:	
Wichte	1,2 bis 1,45 g/cm/3
Zugfestigkeit, längs der Faser	800 bis 1200 kg/cm ²
Zugfestigkeit, quer zur Faser	500 bis 800 kg/cm ²
Druckfestigkeit (senkrecht zur	
Oberfläche)	etwa 3000 kg/cm ²
Biegefestigkeit	800 bis 1300 kg/cm ²

Schlagbiegefestigkeit 120 bis 190 cmkg/cm²

3. Zelluloid (Zellhorn).

Nitratzellulose wird unter Zugahe von Spiritus mit Kampfer geknetet und zu dünnen Häuten ausgewalzt, die unter Druck und Hitze zu Blöcken verschweißt werden. Aus diesen werden Tafeln oder Stangen als Halberzeugnisse geschnitten. Man kann dieses Zelluloid prägen, pressen, tiefziehen, nur nicht gießen.

Bei einer Temperatur von etwa 100° wird Zelluloid geschmeidig und kann in Formen geblasen werden. Zwei dünne Blättchen werden in eine aus zwei Teilen bestehende Form gelegt, die Blättchen legen sich beim Einblasen von heißer Luft oder Dampf dicht an die Wände an und füllen die Form gut aus. Auf diese Weise lassen sich Hohlkörper wie Bälle, Puppen und dergl. mit einer Wandstärke von wenigen Zehntelmillimetern herstellen. Die Zelluloidteile verschweißen leicht in der Wärme, lassen sich aber auch kalt mit Azeton kleben. Infolge seiner großen Geschmeidigkeit in der Wärme läßt sich Zelluloid gut zur Herstellung von Überzügen für vielerlei Gegenstände verwenden. Es läßt sich im kalten Zustande gut schneiden drehen, bohren und polieren.

Nachteilig ist seine leichte Brennbarkeit.

Durch Zusatz von Gips kann das Zelluloid unentflammber gemacht werden. Diese Masse, das Trolit F, wird in Stangen. Rohren und Platten hergestellt.

4. Azetylzellulose.

Durch Behandlung von Zellulose mit einem Gemisch von reiner Essigsäure und Essigsäureanhydrid erhält man Zelluloseazetat, auch Azetylzellulose genannt. Auf der Grundlage der Azetylzellulose (vergl. Abb. 35) wird das Trolit W erzeugt. das zu den thermoplastischen Massen (d. i. in der Wörme knebar) gehört. Trolit W, Typ A der WEI-Typisierung, läßt sichgut färben und kommt als körniges Pulver in verschiedenen Körnungen in den Handel. Es wird meist im Spritzverfahren verarbeitet. Außer dem Trolit W gibt es noch andere Ausführungen dieses Kunststoffes, denen oft auch anorganische Füll-

mittel zugegeben sind, wodurch die Härte erhöht wird. Trolite finden vielseitige Verwendung in der Hochfrequenz, Schwachstromtechnik, für optische und fotographische Geräte, Schreibwaren. Kämme, Abzeichen, Beschläge, Raucherartikel, im

Apparate- und Zählerbau, zu Knöpfen u. v. a. m.

Zu den Azetylzellulosen gehört auch, wie das Schema 35 zeigt, das Cellon, das sowohl im Aussehen als auch in der Art der Verarbeitung sehr dem Zelluloid ähnelt aber schwer brennbar, in einer Sonderausführung sogar unverbrennbar ist. Allerdings ist es weniger fest und geschmeidig als Zelluloid, doch ist es lichtbeständiger und hat ein sehr gutes Lichtdurchlaßvermögen, auch für ultraviolette Strahlen. Cellon wird für Lampenschirme, als Ersatz für echtes Horn oder Schildpatt und als Zwischenschicht für Sicherheitsgläser verwendet.

5. Alkali-Zellulose.

Behandelt man Zellulose mit Natronlauge, so erhält man Alkali-Zellulose und durch weitere Verarbeitung mit Schwefelkohlenstoff das Zellulose-Xanthogenat. Das ist eine syrupartige Viskose'), aus der Kunstseide, Zellwolle, Zellglas, Zelldärme, Viskose-Schwämme, Flaschenkapseln und mancherleifür Verpackungszwecke gut geeignete Folien hergestellt werden. Handelsnamen sind Cellophan, Transparit, Heliozell, Zelloplast u.a.

6. Zellulose-Äther.

Zur Herstellung des Zellulose-Athers wird Zellulose mit Benzylchlorid oder Äthylchlorid behandelt, es entsteht Benzyloder Äthylzellulose, die bei uns erst seit kurzem als Spritzstoff verwendet wird, während sie in Amerika seit Jahren im Gebrauch ist. Bei Dauererwärmung sind die aus Zellulose-Äther hergestellten Kunststoffe wärmebeständiger als andere Zellulose-Kunststoffe.

Die Benzylzellulose hat zelluloidähnliche Beschaffenheit, ist aber schwer entflammbar. Sie kommt als Spritzpulver in feinkörniger Form in den Handel und kann gefärbt oder glasklar hergestellt werden. Da sie in vielen Lösungsmitteln, mit Ausnahme von Benzin und Alkohol, löslich ist, wird die Benzylzellulose zur Herstellung von Lacken und Überzügen von guter Hattfestigkeit auf Metall und Holz verwendet. Die Lacke eignen sich besonders gut für die Innenlackierung von Behältern für Getränke und Chemikalien, für das Überziehen von Maschinen-

¹⁾ Mit Viskose bezeichnet man einen zähflüssigen Stoff.

teilen, die chemischer Beanspruchung ausgesetzt sind und allgemein für feuchtbeanspruchte Gegenstände.

Verschiedene Trolite werden als thermoplastische Massen

aus der Benzylzellulose hergestellt.

Die Äthylzellulose wird heute fast ausschließlich als Klebemittel und in Lösungen für Lacke benutzt, kann aber auch zu plastischen Massen verarbeitet werden.

7. Die Verarbeitung der Kunststoffe aus Zellulose.

Die Zellulose-Kunststoffe lassen sich pressen, nach dem Strangpreßverfahren zu Profilen und Rohren verarbeiten, die meisten Sorten lassen sich auch prägen, Zelluloid und Zellon können auch durch das bereits erwähnte Blasen verformt werden Die Kunststoffe aus Azetatzellulose und aus Zelluloseäther sind Spritzstoffe, die sich in Formen gut verspritzen lassen.

Spangebend lassen sich alle diese Kunststoffe mit denselben Werkzeug-Werkstoffen und unter denselben Arbeitsbedingungen verarbeiten wie die geschichteten Preßstoffe. Voraussetzung für gute Bearbeitung sind sauber und scharf geschliffene Werkzeuge, hohe Schnittgeschwindigkeiten, einwandfreie Spanabführung und Staubabsaugung. Gewöhnlieh wird bei Spanabnahme trecken gearbeitet. Beim Drehen und Bohren empfiehlt sich Luftkühlung; beim Bohren und beim Gewindeschneiden kann auch mit reinem Bienenwachs geschmiert werden. Die Bohrer sollen einen Spitzenwinkel von 60 bis 80° haben. Als Werkstoff für die Schneidwerkzeuge ist Schneilstahl oder noch besser Hartmetall zu verwenden.

Neuerdings benutzt man auch Schneidwerkzeuge aus Hartporzellan zur Bearbeitung von Kunststoffen, die sich recht gut bewährt haben und den Werkzeugen mit Hartmetall-

schneiden gleich zu erachten sind.

III. Durch Polymerisation gewonnene Kunststoffe.

1. Allgemeines.

Der Vorgang der Polymerisation wurde schon auf Seite 165 erklärt. Ausgangsstoffe für die Polymerisate sind nach Abb. 25a die aus Kohle, Kalk und Wasser gewonnenen Gase Azetylen, Athylen, Butadien u.a. und die flüssigen Vinylverbindungen Vinylazetat, Vinylbenzol (Styrol), Vinylchlorid, Acrysäureester u.a. Herbeigeführt bzw. beeinflußt wird die Polymerisation durch Wärme, ultraviolettes Licht, gegebenenfalls

hohe Drücke und chemische Mittel. Die meisten Polymerisate sind keine Preßmassen. Viele werden durch Spritzen, andere durch Gießen in Gebrauchsformen gebracht. In Warme, zwischen 70 und 150, sind sie gut knetbar, doch tritt eine Härtung wie bei den Kunstharz-Preßmassen nicht ein, ihre Abfälle können daher immer wieder verarbeitet werden. Einige Polymerisate, wie Mipolam, Trolitul, Plexigum, Stabol und Lurican werden als thermoplastische Massen bezeichnet, sie lassen sich im Spritzgußverfahren verarbeiten. Durch Polymerisation lassen sich auch elastische Stoffe bilden mit kautschukähnlichen Eigenschaften. In der Übersicht Abb. 25 a sind Buna und Neopren aufgeführt.

2. Vinylverbindungen.

Aus Azetylen entstehen durch Behandeln mit

Salzsäure Vinylchlorid,
Fettsäuren Vinylester (z. B. Vinylazeat),
Alkoholen Vinyläther,
Aminen Vinylamine,

BlausäureVinyleyanid bzw. Acrylsäureester.

Außerdem werden durch Mischung und gemeinsame Polymerisation zweier verschiedener Vinylverbindungen sogenannte Mischpolymerisate erzeugt, die ganz neue Eigenschaften haben gegenüber den beiden verbundenen Stoffen.

Die hauptsächlichsten Vinylpolymerisate sind: Polystyrol. Polyvinylcarbozol, Polyvinylchlorid.

Das Polystyrol kommt ohne irgendwelche Zusätze in glasklarer oder gefärbter Ausführung in den Handel und wird zu einer Reihe verschieden benannter Kunststoffe weiterverarbeitet. Das Trolitul ist eine in mehreren Abstufungen hergestellte thermoplastische Masse, die ebenso verarbeitet wird wie Trolit. Es kann aber, im Gegensatz zum Trolit, auch ohne Füllstoff verarbeitet werden. Trolitul ist wasserfest und wird glasklar durchsichtig und gedeckt in allen hellen und dunklen Farben und Maserungen geliefert. Verarbeitet wird es durch Spritz-guß aus einem körnigen Pulver. Es hat eine Wichte von 1,05 g/cm3. Der Verwendungsbereich des Trolituls entspricht dem des Trolits; es wird in Folien, Platten, Stäben und Rohren in den Handel gebracht (Abb. 37). Einige Angaben über Eigenschaften und Verwendungszwecke enthält Tafel 40.

Aus Polyvinylcarbazol wird ebenfalls Trolitul und ferner

das Luvican hergestellt.

Das Polyvinylchlorid, ein feines weißes Pulver kommt unter



Abb. 37 Spritzgußteile aus Trolitul für Verpackung, Elektrotechnik und Kunstharz-Industrie. (I. G. Bildarchiv.)

dem Namen "Igelit PCU" in den Handel¹). Es ist ein hornartiger, sehr zäher, mäßig elastischer Stoff mit einer Wichte von 1,34, dessen mechanische Eigenschaften denen des Zelluloids ähnlich sind. Es ist aber nicht brennbar, sondern verkohlt nur in der Flamme, ist sehr beständig gegen Alkalien und Säuren, widerstandsfähig gegen mineralische und pflanzliche Öle, sehr lichtbeständig, ozonfest, alterungsbeständig und besitzt gute elektrische Eigenschaften.

Durch Weichmachungsmittel kann man Igelit PCU gummiähnliche Eigenschaften geben und es zu Schläuchen verarbeiten. Es findet vielseitige Verwendung als Isoliermittel in der Elek-

troindustrie.

Aus dem Igelit PCU wird das "Mipolam PCU" hergestellt, das außer zu Stäben und Tafeln vor allem für Rohre verwendet wird. Mipolam-Rohre sind sehr wasserbeständig, korrosionsfest, geruch- und gesellmackfrei. Sie eignen sich daher zur Fortleitung von Gasen und Flüssigkeiten in der chemischen Industrie, dem Schenk- und Brauereigewerbe und für Wasserleitungen im Austausch gegen devisengebundene Werkstoffe. Die Rohre lassen sich leicht verlegen, gut biegen und einfach verbinden. Einige Angaben über Eigenschaften und Verwendung enthält Tafel 40.

Durch Polymerisation eines Gemisches von Vinylchlorid und Acrylsäureester entstehen die Mischpolymerisate Igelit MP

und Mipolam MP.

Igelit MP, im Haudel als "Astralon" bezeichnet, unterscheidet sich von Igelit PCU nur durch etwas größere Weichheit und Elastizität bei Zimmertemperatur. Igelit MP und Mipolam MP können durch Zusätze (Weichmacher) zu gummiartigen Stoffen verarbeitet werden, sie erweisen sich dann für viele Zwecke als recht brauchbare Austauschstoffe für Naturgummi, wenn sie auch dessen zähelastische Eigenschaften nicht erreichen.

Mipolam ist weitgehend unempfindlich gegen Feuchtigkeit und Chemikalien, abriebfest, unentflammbar und in jedem gewünschten Härtegrad und Farbton erhältlich. Es eignet sich im weichen Zustande im Austausch für Gunmi gut als Bodenbelag (Abb. 38), für Dichtungsmanschetten und Ringe, Schläuche, Gürtel u. v. a. m. Im harten Zustande läßt es sich durch Warmpreß-, Spritzguß- und Spritzpreßverfahren und im weichen Zustande durch Schneiden und thermoplastisch verformen.

Ein neuerer auf der Grundlage von Polyvinylchlorid geschaffener Kunststoff ist das Vinidur, ein harter Stoff, der

¹) Igelit = I. G.-Farben-Industrie A. G.; PCU = Polyvinyl-Chlorid ungechlort (d. h. nicht nachchloriert).

Tafel 40. Bezeichnung, Eigenschaften und Verwen

Bezeichnung	Werkstoff	Biegefe- stigkeit o _{b B} kg/cm ²	Schlagbiege- festigkeit cmkg/cm²	Druckfe- stigkeit $\sigma_{\rm dB}$ kg/cm³
Trolitul (Platten, Stäbe, Rohre, Spritzgußmasse)	Synthetischer Kunst- stoff Polystyrol	700	18	950
Trolitul Si 4	Quarzgestilltes Polystyrol	600	6	
Mipolam (Rohr, Profilstäbe, Spritz- u, Preßmasse)	Polyvinylchlorid (Igelit PCU) durch Zusätze er- hält man das Mischpoly- merisat Igelit MP oder Mipolam MP	1000	bls 400 ,	780
Plexiglas Platten, Blöcke, Stangen, Robre	Polymethacry lester	1400	20	1400
Platten, Blöcke, Stangen, Rohre		1400	20]

sich nicht nur stanzen, sagen, drehen, fräsen, prägen und schneiden, sondern auch durch ein, dem Autogen-Schweißverfahren nachgebildetes Schweißen verbinden läßt, wozu besondere Schweißbrenner und Schweißstäbe erhältlich sind. Vinidur wird in Form von Rohren, Stäben, Tafeln, Platten und Folien geliefert. Es ist sehr korrosionsbeständig und daher als Austauschstoff für hochlegierte Stähle, Blei, Kupfer, Emaille, Gummierung, verzinkte Eisenrohre und Aluminium bei Säureleitungen, Be- und Entlüftungsrohren, Luft- und Wasserstrahlpumpen u. v. a. m. geeignet.

Polyvinylchloride dienen auch zur Anfertigung eines dreischichtigen Sicherheitsglases - Peka-Glas. Auf eine sorgfältig geschliffene und gereinigte Glasplatte wird eine Lösung Polyvinylchlorid aufgegossen. Auf diese Schicht wird eine ebenso wie die erste behandelte zweite Glasplatte aufgelegt und die drei Schichten in der Luftleere gepreßt. Das Peka-Glas ist durchaus lichtbeständig und lichtdurchlässig. Durch Stoß wird es nicht zersplittert, da der zähe Polyvinylchloridfilm die Glas-

splitter elastisch verbindet.

dungszwecke einiger nicht typisierter Kunststoffe.

		0		w 1	
Zugfe- stigkeit $\sigma_{z\mathrm{B}}$ kg/cm ³	Wärme- festigkeit °C	Oberflä- chenwider- stand M\Omega	Spez. Gewicht	Oher- fische und Farbe	Eigenschaften und Verwendungs- zwecke
400	65	über 3.10°	1,05	farblos glasklar auch farblg	Sehr lichtdurchlässig, wasserun- empfindlich, alkali- und säurefest. Löst sich in Benzol (zum Kleben). Anwendg: Schwachstromtechnik, Isolierteile, Zahlenrollen für Zähl- werke, Flaschen, Knöpte, Kämme
	74 .	über 3.104	1,18	grau	Etwas härter, Einbettungen v. Metallteilen gut.
600	60	über 3.10¢	- 1,34	braun horn- artig	Gut wo chem. Beanspruchungen, z.B. Filter, Armaturen, Dich- tungen, Schläuche, Teile für Nah- rungsmitteltechnik.
790 steigt bei sin- kender Tempe- ratur	80		1,18	glasklar #	Hohe Härte, zäh u. elastisch, hoher Isolationswiderstand, öl-, benzin-, alkalibest. Verglasungen, b-s. für Flugzeuge; optische Teile; Linsen, Prismen, Musikinstrum., Apparate- teile aller Art, Schutzbrillen, durchischtige Modelle: es lätz sich warm biegen, ferner kleben.

Decelith ist ein Handelsname für Igelite und Erzeugnissen aus solchen. Decelith Hist hart, ein Polymerisat von hornartiger Beschaffenheit, Decelith W ist weichgummiartig und wird in mehreren Weichheitsgraden hergestellt.

Die Handelsformen des Decelith sind Folien, Platten, Profile, Formteile und Fertigerzeugnisse. Es ist thermoplastisch, unentflammbar, geruch- und geschmackfrei, wasser- und weitgehend

korrosionsbeständig.

Es wird im allgemeinen ungefärbt geliefert, die gelblichbraune Eigenfarbe nimmt mit zunehmender Stärke des Stoffes eine dunklere Tönung an bis zu rötlichem Braun. Decelith W

wird aber auch in verschiedenen Farben hergestellt.

Decelith läßt sich gut zerspanen, kleben und schweißen, ferner verformen durch Pressen, Prägen und Ziehen. Außer in Folien oder Platten kann es auch mit Einlagen von Papier, Stoffgeweben, Metall oder mit Unterlagen von Papier, Stoffgeweben u. ä. geliefert werden.

Angewendet wird das Decelith im chemischen Apparatebau, Maschinenbau, Akkumulatorenbau, im sonstigen Bereich der Elektrotechnik und vielen anderen Gebieten. Auch zu Aufnahmeschallplatten kann Decelith verwendet werden, ferner als Glanz- und Schutzschicht für Druckschriften und bildliche Darstellungen, z.B. für Gefolgschaftsausweise, Schilder, Plakate u. v. a. m. Von besonderem Vorteil ist dabei, daß die mit Decelith überzogenen Schriftstücke nachträglich nicht mehr

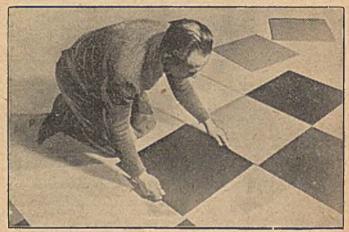


Abb. 38. Verlegen von Mipolam-Fußbodenbelag. (I. G. Bildarchiv.)

verändert werden können, wodurch Mißbrauch, namentlich hei Ausweisen, verhindert wird. Auch als Werkstoff für Isolierungen bei Bauwerksteilen hat sich das Decelith gut bewährt.

Eigenschaften von Decelith H:

Wichte	1,38
Zerreißfestigkeit	500 bis 600 kg/cm ²
Dehnung	
Biegefestigkeit	1000 bis 1200 kg/cm ²
Schlagbiegefestigkeit	160 bis 180 cmkg/cm2

Spinnfaser aus Kohle und Kalk.

Unter dem Namen Pe Ce-Faser wird die erste großtechnisch hergestellte vollsynthetische Faser hergestellt. Sie wird aus dem Polyvinyl-Chlorid (Igelit) gewonnen und hat ihren Namen danach erhalten (Polyvinyl-Chlorid). Diese Faser hat eine ganze Anzahl Eigenschaften, die sie für viele technische Zwecke hervorragend geeignet machen, sie ist

1. unempfindlich gegen Wasser,

2. im trockenen und nassen Zustande von gleicher Festigkeit.

3. weitestgehend beständig gegen Säuren, Alkalien und sonstige angreifenden Chemikalien jeder Konzentration, sie besitzt

4. hohe Fäulnis- und Verrottungsfestigkeit, ist

5. nicht entflammbar und hat

.6. höchste Elastizität im Vergleich zu anderen Faserstoffen,

7. höchstes Wärme-Isoliervermögen und

8. höchstes Elektro-Isoliervermögen.

Die PeCe-Faser eignet sich zur Herstellung von wasserunempfindlichen Plunen, Abdeckungen, Schwimmgürteln, Seilen, Schnüren, Filtertüchern, Faulstreifen, Diaphragmen, Schwimmerschmüren, Rettungs- und Sicherheitsleinen, Zeltböden usw-Ferner für Schutzkleidung in chemischen Betrieben, Akkumulatoren-Fabriken, Beizereien, Gerbereien und sonstigen Betrieben, in denen mit Chemikalien gearbeitet wird.

Wegen seiner Fäulnisfestigkeit eignet sich die PeCe-Faser zur Herstellung von Fischerei-Geräten, Schiffs-Tauwerk, Schiffskleidung. Segeltuchen usw. Die Nichtentflammbarkeit macht die Faser geeignet für Dekorations- und Bespannungsstoffe in Museen und Sammlungen, für Theaterkulissen, Vorhänge. Ihrer Elastizität, geringen Wärmeleitfähigkeit und hohen Elektro-Isoliervermögens wegen eignet sie sich für Sprungtücher, Kühlanlagen, Umspannungsmaterial für elektrische Leitungen und Kabel aller Art.

3. Acryl-Polymerisate.

Aus Äthylen und Azetylen werden die wasserhelle Acrylsäure, die Methacrylsäure und ihre Verbindungen gewonnen. Daraus entstehen die Acrylharze, thermoplastische Werkstoffe, die vom weich- bis zum hartgummiähnlichen Zustand hergestelltwerden können. Diese Kunststoffe sind unter dem Namen Plexigum, die weichen Acrylharze auch als Acronal bekannt.

Plexigum wird den jeweiligen Verwendungszwecken entsprechend in verschiedenen Grundsorten hergestellt, die in allen möglichen Übergängen geliefert werden können, so daß eine geschlossene Reihe von bei gewöhnlicher Temperatur weichgummiartig deltnbaren bis zu den harten, festen Stoffen vorliegt. Die weichen Sorten ähneln wegen ihrer großen Dehnbarkeit und ihres tiefliegenden Erweichungspunktes dem Weichkautschuk, die harten dagegen stellen glasklare Kunstharze dar. Durch Kombination miteinander und durch Zugabe anderer Stoffe lassen sich die Eigenschaften der Grundsorten weitgehend dem jeweiligen Verwendungszweck anpassen.

Die Anwendungsgebiete der Acryl-Kunststoffe sind sehr vielseitig. Eine besondere Bedeutung kommt der weichen, dehnbaren Plexigum-Zwischenschicht im Mehrschichten-Sicherheitsglas (nachgiebiger Typ) zu. Der Plexigum-Flindient hier als verbindende Schicht zwischen zwei dünnen Spiegelglasscheiben. Er gibt dem Mehrschichtenglas eine ungewöhnliche Nachgiebigkeit und Elastizität und nimmt ihm beim Bruch die gefährliche Splitterwirkung. Im Automobil- und Fahrzeugbau sind Sicherheitsglasscheiben mit der Plexigum-Zwischenschicht als "Sigla"-Sicherheitsglas bekannt, während Gasmasken- und andere Kleingläser als "Luglas" geliefert werden Außer in der farblosen, glasklaren Art, läßt sich Plexigum in allen Farben herstellen.

Wegen seiner ausgezeichneten Dehnbarkeit erlaubt der Kunststoff Plexigum auch die Herstellung von Pflastern, spannungsfreien Verbänden, Fingerlingen und ähnlichen hygienischen Artikeln. Bänder aus Plexigum dienen als öldichte Wickelendverschlüsse für Kabel, weil sie vorzügliche elektrische und mechanische Eigenschaften und eine hohe Alterungsbeständigkeit besitzen.

Die weichen, kautschukähnlichen polymeren Acrylprodukte werden in Mischungen mit Füllstoffen als Kabelmantelmassen anstelle von Blei verwendet. Schläuche aus solchen Mischungen zeichnen sich durch Öl- und Ozonbeständigkeit aus und finden vornehmlich Verwendung als Schutz für Zündkabelleitungen, für Röntgenapparaturen und ähnliche Zwecke.

Als Rohstoffe für die Lackindustrie haben die Acryl-Kunststoffe ebenfalls eine große Bedeutung gewonnen. Hervorzuheben sind besonders ihre hohe Licht- und Wetterbeständigkeit. Darüber hinaus zeigen plexigumhaltige Lacke eine vorzügliche Haftestigkeit auf allen Metallen und werden daher als Grundierung und Einschichtlacke für Leicht- und Schwermetalle verwendet. Ihre chemische Widerstandsfähigkeit macht sie beispielsweise als Innenschutzlack für Tuben sowie für gegen Brennstoffgemische beständige Lacke geeignet, die zur Herstellung von Schläuchen und Brennstoffleitungen dienen. Wegen ihrer hohen Geschmeidigkeit ergeben einige Plexigumsorten hervorragende Überzüge auf biegsamen Unterlagen, wie Gummi, Papier und ähnlichem Material.

In der Lederindustrie sind wässerige Acryldispersionen als Grundierung für Leder-Decklacke im Gebrauch. Die Textilund Kunstlederindustrie verwenden wasserige Dispersionen und Lösungen der Acryl-Kunststoffe unter der geschützten Bezeichnung "Plextol". Plextol-Produkte dienen zur Herstellung von waschbeständigen Appreturen. Verdunkelungsstoffen, Kaschierartikeln, Deckbrandsohlenstoffen usw. In der Kunstleder-Industrie werden hauptsächlich Plextollösungen gebraucht, mit denen es möglich ist, besonders hochwertige Kunstleder-herzustellen. Sowohl in der Textil- als auch in der Kunstleder-Industrie bietet Plextol die Möglichkeit, Gummi in vielen Fällen vorteilhaft zu ersetzen, weil damit hergestellte Artikel, wie z. B. Regenmantelstoffe, eine absolute Alterungsbeständigkeit besitzen.

Wichtige Anwendungsgebiete hat das thermoplastische Kunstharz Plexigum im Spritzguß- und Preßverfahren gefunden. Die körnigen Plexigum-Spritzguß- und Preßmassen werden auf Preß- und Spritzgußmaschinen zu Massenartikeln aller Art verarbeitet. Die Eigenschaften der farblos-glasklaren, farbigdurchsichtigen oder farbig-gedeckten Plexigum-Formteile gestatten den Einsatz dieser Stücke dort, wo besondere Anforderungen gestellt werden. Bemerkenswert sind neben ihrer Geruch- und Geschmackfreiheit, die vollkommene Alterungsbeständigkeit und die hohe mechanische Festigkeit und Elastizität. Plexigum-Spritzguß- und Preßteile finden beispielsweise Verwendung für optische und Radio-Bauteile, Haushaltgegenstände, Beschläge, Schmuck, Knöpfe, Kämme und Verpackungen hochwertiger Erzeugnisse.

Plexiglas.

Der bedeutendste Vertreter der Acrylharze ist das Plexiglas. Seine Hauptvorteile gegenüber Silikatglas sind das leichte Gewicht von nur 1,18 (2,6 bei Silikatglas), die größere Bruchsicherheit, die gute Lichtdurchlässigkeit und Witterungsbeständigkeit, die bessere Biegsamkeit Verformbarkeit und Bearbeitbarkeit. Hinzu kommen noch zahlreiche andere Eigenschaften die das Plexiglas auszeichnen.

Hierdurch eröffnen sich außerordentlich zahlreiche Anwen-

dungsgebiete:

Besonders vorteilhaft hat sich die Verwendung von Plexiglas im Flugzeugbau erwiesen, wo es hauptsächlich auf Gewichtsersparnis ankommt. Gewichtsersparnis aber bedeutet: Erhöhung der Nutzlast, Steigerung der Geschwindigkeit und Verminderung des Brennstoffverbrauchs. Darüber hinaus ermöglichte Plexiglas die Stromlinienverglasung und wies damit dem Flugzeughau neue Wege.

Im modernen Omnibus- und Karosseriebau verwendet man Plexiglas vorzugsweise für gebogene und gewölbte Ober-

211

lichtfenster sowie für Eck- und Rückwandfenster. Hier ist besonders vorteilhaft, daß Plexiglas Verwindungen der Karosserie elastisch nachgibt. Plexiglas kann ohne Bruchgefahr leicht beigedrückt werden, wenn beim Einbau der Krümmungsradius einer gebogenen Scheibe nicht genau dem der Karosserie entspricht. Das geringe Gewicht von Plexiglas bedeutet auch hier Gewichtsersparnis. Ebenso bei der Verwendung von Plexiglas an Triebwagen und Drahtseilbahnen.

Plexiglas ist besonders durch seine hohe Bruchfestigkeit zur Verwendung als druckfeste Abdeckscheiben und Schaugläser im Apparate- und Instrumentenbau geeignet.

Im Maschinenbau findet Plexiglas für Schutzvorrichtungen sehr zweckmäßige Anwendung.

Unzerbrechliche Uhrgläser und Gläser für Schutzbrillen aus Plexiglas haben großen Anklang gefunden, denn Plexigläser behalten ihre kristallklare Durchsicht und Maßhaltigkeit.

Dem Kunstgewerbler ist ein großer Spielraum in der Ausführung seiner Ideen gegeben. Schmuck- und Zierstücke und modische Kleinigkeiten, wie Armreifen, Halsketten, Broschen, Spangen und Schnullen, aus Plexiglas sind von einzigartigem Reiz.

Weiterhin wird Plexiglas als Werkstoff für Anschauungsund Lehrmodelle vielfach herangezogen. Besonders sind
Motorenmodelle aus Plexiglas viel in der Presse besprochen
worden. Ferner kommt Plexiglas noch für medizinische Anwendungsgebiete in Betracht, z.B. für Gebißprothesen. Körperprothesen, für ärztliche und zahmärztliche Geräte. Die Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen hat zur Verwendung in
Isolierräumen für Kranke geführt, denen dabei in geschlossenen
Räumen die volle Einwirkung des Sonnenlichts zuteil werden
kann.

Für Kunstverglasung, für Glas-Radierungen und für andere Zwecke der Glaskunst ist Plexiglas ein wertvoller Werkstoff.

Kurz die Verwendungsmöglichkeiten für Plexiglas sind so außerordentlich weitgesteckt, daß es sich schon einmal lohnte, an dieser Stelle etwas mehr darüber zu sagen als es nur aufzuzählen.

Das Plexiglas wird im allgemeinen in flachen Scheiben von 0,5 bis 10 mm Stärke unbearbeitet oder bearbeitet geliefert. ferner in zylindrisch und sphärisch gebogenen Scheiben, in Blöcken, Stäben und Rohren. Es kann außer kristallklar auch in den Farben: rot, blau, gelb, grün, schwarz, milchweißsandstrahlmattiert durchsichtig oder gedeckt geliefert werden. Einige Eigenschaften des Plexiglases sind in Tafel 40 angeführt.

IV. Anstrichmittel, Lacke, Leime, Kitte und andere künstliche Werkstoffe.

An die Stelle der für Anstrichmittel, insbesondere Lacke. verwendeten Naturstoffe sind seit etwa einem Jahrzehnt mehr und mehr Kunststoffe getreten, die die Naturstoffe nicht nur ersetzen, sondern in ihrer Güte und ihrem Verwendungsbereich weit übertreffen. Das Gebiet der Anstrichmittel und Lacke ist so groß, daß es nicht möglich ist, sie in Kürze zu behandeln. Früher waren Leinöl und ähnliche "trocknende" Öle für Anstrichmittel die bevorzugten Rohstoffe. Für Lacke verwendete man Harze ausländigscher Herkunft, wie Schellack, Mastix, Kopale. Heute liefern Zellulosenitrat, Zelluloseazetat, Phenole und Kresolharze des A-Zustandes, in gewöhnlichem denaturierten Spiritus gelöst, hochwertige Lacke von hoher Oberflächenhärte und guter Korrosionsbeständigkeit. Sie werden als Isolationslacke in der Elektrotechnik verwendet. Dickflüssige Kunstharzlacke werden wie Emaillen verarbeitet. Eine wichtige Rolle in der Erzeugung von Kunstlacken spielt der Chlorkautschuk, der sich durch eine ganz hervorragende Korrosionsbeständigkeit auszeichnet. Daraus hergestellte Lacke sind sowohl Rostschutzmittel als auch Hilfsmittel zum Schutze des Holzes gegen Zersetzung durch Chemikalien und Zerstörung durch Insekten und Bakterien, Sie dienen auch als Kitte für Pinselhöden und Bürsten, für die Sockelung von Glühlampen und als Bindemittel für Schleifscheiben. Die Bindung mit Kunstharz ist besser als eine solche mit Gummi.

Phenol- bzw. Kresolharz werden ebenso wie Abkömmlinge der Zellulosen zu Kunstharzleimen verarbeitet, die bei 140° gehärtet mit besonderem Härtemittel sehr feste wasserund schimmelsichere Bindungen ergeben. Die Karbamidharze liefern die Kaurit-Leime, die als Kalt- und Warmleime einem besonderen Zusatz ebenfalls hochfeste wasser- und schimmelfreie Verbindungen liefern. Auch die Polymerisationserzeugnisse bilden bevorzugte Heimstoffe der Klebstoffher-

stellung.

Fette, Öle und Wachse sind heute ebenfalls zu einem Arbeitsgebiet der Kunststoffe geworden. Nicht allein die gebräuchlichen Verwendungsgebiete von Wachs, wie Schuhputzmittel und Bohnerwachs sind künstlich erzeugte, synthetische Wachse, sondern auch Seifen werden mit synthetisch erzeugten Fettsäuren hergestellt. Vielfältige Verwendung finden Kunststoffe heute in der Textilindustrie, nicht nur als wertvolle Gespinstfasern, sondern auch an Stelle der alten Appreturmittel oder Beschwerungsmittel, die z. B. durch Acrylate verdrängt wurden. Die Kunststoffe dringen in alle Gebiete der Technik

ein, ihre Entwicklung ist noch lange nicht abgeschlossen. Aufgabe der Ingenieure ist es, auf Grund genauer Kenntnis der neuen Werkstoffe Mittel und Wege zu finden, sie in geeigneter Weise an Stelle der alten und naturgemäß mit der Zeit knapper werdenden Naturstoffe zu verwenden.

C. Andere nichtmetallische Werkstoffe

1. Holz.

Über Holz als Brennstoff wurde schon im Abschnitt A II (Seite 150) gesprochen. Holz ist neben Stein der älteste Werkstoff des Menschen. Es hat gegenüber Metall den Vorteil, daß es nachwächst und durch zweckmäßige Forstwirtschaft und durch Leitung des Verbrauches für die Zwecke vorbehalten werden kann, die am wichtigsten für die Gesamtwirtschaft sind. Es ist deshalb auch notwendig, das Holz als Brennstoff möglichst zu meiden, selbst wenn Holz billiger wäre als andere Brennstoffe, was jedoch tatsächlich nicht der Fall ist.

Aus der zunehmenden Zahl der Verwendungsgebiete seien besonders genannt: Die Papiererzeugung, Kunststoffe auf der Grundlage der Zellulosen, Gespinstaserstoffe wie Kunstseide und Zellwolle, Holzverzuckerung, die bereits besprochene Holzverkohlung und die Verwendung von Holz zu den verschieden-

artigsten Bauzwecken.

Die Vielheit der Verwendungsmöglichkeiten von Holz im

Maschinenbau zeigt folgende Zusammenstellung:

Maschinenteile: Lagerschalen, Kupplungsklötze für Reibungskupplungen, Reibräder, Riemenscheiben, Seilscheiben,

Zahnräder, Bremsbacken.

Werkzeuge und Werkzeugmaschinen: Werkzeugstiele und -griffe, Werkzeughalter (z. B. Handhobel, Sägerahmen u. a.), Schnittwerkzeuge, Blattfedern für Federhämmer, Bretter von Brettfallhämmern.

Verarbeitungsmaschinen: Gehäuse von Bürstenmaschinen, Getreide-Trockensäulen, Schwingsiebmaschinen für Zuckerfabriken, Textilmaschinen, Maschinen für Papiererzeugung.

Fördermittel: Rohrleitungen, Förderrinnen, Räder und

Laufrollen, Krane, Baggerteile.

Verkehrswesen: Aufbauten und Innenteile von Kraftwagen, Eisenbahnwagen, Räder, Luftschrauben, Schiffe, Boote.

Elektrotechnik: Abstandstücke in Dynamos, Teile von Transformatoren und Akkumulatoren, Kabeltrommeln.

Sonstige Anwendungen: Windmühlenflügel, Wasser-

räder, Modelle für Gußteile, ferner bei Landmaschinen, für Fässer und andere Behälter u. v. a. m.

Im Bauwesen, besonders bei behelfsmäßigen Bauten, die schnell ausgeführt werden müssen, wie Brücken im Kriege, Türme usw. findet Holz eine vielfache Verwendung.

Die Verarbeitungstechnik des Holzes, Holzpflege und Bewirtschaftung gehören zu den wichtigsten Aufgaben von Technik

und Wirtschaft.

Eine große Rolle spielt der Feuchtigkeitsgrad des Holzes bei seiner Verwendung. Bau- und Tischlerholz sollen nicht mehr als etwa 15% Feuchtigkeit haben, für gute Möbel soll der Feuchtigkeitsgehalt nicht höher als 12% sein. Um die Feuchtigkeit zu vermindern wird das Holz vielfach künstlich in Holz-

trockenanlagen getrocknet.

Das Quellen und Schwinden des Holzes kann durch das sogenannte Vergüten verringert werden. Das läßt sich auf verschiedenen Wegen erreichen: Aufteilen in dünne Schichten und
anders zusammenfügen, als es gewachsen war (Sperrholz); Anwendung verschiedener Preßverfahren und Tränken mit verschiedenen Mitteln. Dabei spielen Kunstharz-Lösungen eine große
Rolle, mitdenen dünne Holzplatten (Furniere) getränkt und heiß
verpreßt werden. So entsteht das bereits im vorigen Abschnitt
erwähnte Hartholz Lignofol, ein brauchbarer Werkstoff für
Zahnräder. Eine andere Art der Holzvergütung ist die Verleimung durch Tego-Filme. Das sind dünne Papierbahnen, die
mit gelöstem Phenolharz getränkt, bei etwa 90° getrocknet sind
und nicht mehr kleben. Sie werden zwischen die Holzfurniere gelegt und mit ihnen in geheizten Pressen bei einer Temperatur
von 130—135° zu Platten verpreßt.

2. Gummi und Guttapercha.

Gummi gewinnt man aus Kautschuk, dem Milchsaft des Kautschukbaumes, Latex genannt. Er wird zum Gerinnen gebracht und liefert den Rohkautschuk, der gereinigt und mit 10 bis 15% Schwefel vermischt 2 bis 3 Stunden auf 120 bis 130° erhitzt wird. Dieser Vorgang heißt "Vulkanisation". Der so entstandene Rohgummi ist grau, seine Schnittslächen kleben nicht mehr und er behält seine Eigenschaften bei Temperaturen von — 20° bis + 100°. Wenn dem Rohgummi 40 bis 50% Schwefel zugesetzt werden, so entsteht bei 6 bis 8 stündigem Erhitzen auf 140 bis 150° der Hartgummi. Gummi dient in Verbindung mit Metallen als sogenanntes "Schwingmetall" zur geräusch- und schwingungsdämpfenden Lagerung und Abfederung von Maschinen und Motoren, für Kupplungen, Gelenke- und Rohrverbindungen. Ferner wird Gummi zur Her-

stellung von Flach- und Keilriemen, Förderbändern, Verschließplatten, Bindemitteln für Schleifscheiben, Schläuche und Gummibekleidungen verwendet. Er ist sehr beständig gegen chemische Angriffe und dient daher zum Auskleiden von Rohrleitungen, Behältern usw. in der chemischen Industrie. Als Chlorkautschuk — durch Zusatz von Chlor zum Kautschuksaft — findet er vielseitige Verwendung, u. a. auch zur Herstellung von korrosionsbeständigen Lacken und anderen Anstrichmitteln. Er ist ein hervorragendes Isolationsmittel und daher ein unentbehrlicher Baustoff für die Elektrotechnik.

Neuerdings wird er jedoch mehr und mehr durch Kunststoffe verdrängt, besonders, seit es der deutschen chemischen Technik gelungen ist, einen in jeder Beziehung einwandfreien synthetischen Kautschuk herzustellen, der unter dem Namen Buna immer mehr Anwendung findet und sich dem Naturkautschuk in vielen Punkten als überlegen erwiesen hat.

Guttapercha ist ein dem Gummi ähnlicher Stoff, der ebenfalls aus dem Milchsaft gewisser tropischer Pflanzen gewonnen wird, die hauptsächlich auf den Inseln Malakka und Borneo

vorkommen.

Rohes Guttapercha ist schmutzig rot und kommt in Form

von Platten und Blöcken in den Handel.

Guttapercha hat viele Eigenschaften mit dem Gummi gemein, nur ist es nicht so elastisch. Es ist ein vorzügliches Isolationsmittel für Elektrizität und dient vor allem zur Isolation von Untererd- und Unterseekabeln. Guttapercha kann ebenso wie Kautschuk vulkanisiert werden und dient dann zur Herstellung von Schuhsohlen, Treibriemen. Gefäßen, chirurgischen Geräten usw., ferner als wasserdichter Überzug für mancherlei Gegenstände.

3. Glas.

Rohstoffe der Glaserzeugung sind in der Hauptsache Quarzsand, Kalkstein und Soda. Je nach besonderen Wünschen werden andere Stoffe beigemischt. So zur Erzeugung des sogenanten Bleiglases, das als Kristall für feine Gäser und zu optischen Zwecken verwendet wird, Bleioxyd und Mennige. Zum Färben von Glas verwendet man Metalloxyde. Die gewöhnlichen grünen oder braunen Flaschen verdanken ihre Färbung Eisenoxyden. Verbindungen von Kupfer färben rot, von Uran gelb mit grünlichem Schimmer, von Kobalt blau, von Mangan violett. Um Glas für Schmucksteine einen besonders hohen Glanz zu verleihen, setzt man ihm Borsäure zu, während ein Zusatz von Knochenasche zur Herstellung von Milchglas dient.

In feuerfest mit Schamotte ausgefütterten Wannenöfen werden die fein gemahlenen und innig gemischten Rohstoffe geschmolzen. Die Schmelzmasse ist bei 1400 Grad dünnflüssig, zur Verarbeitung wird sie aber wieder um 200 Grad abgekühlt und befindet sich dann in einem zähflüssigen Zustande. Formgläser, insbesondere Hohlkörper, werden durch Blasen hergestellt. Als Ersatz für Hand und Lunge verwendet man mehr und mehr Glasblasemaschinen, die automatisch arbeiten und in kurzer Zeit Zehntausende von Flaschen, Glühlampenkolben u. a. m. erzeugen. Sehr hedeutsam ist die Herstellung von Tafelglas auf maschinellem Wege, denn gerade hierbei ist die Handarbeit äußerst anstrengend und ungesund. Heute wird Tafelglas meist mittels Walzmaschinen hergestellt, die die zähflüssige Glasmasse dem Ofen mittels Düse oder Streichblech entnehmen und das Glasband beliebig dünn und lang walzen. Ornamente können durch entsprechende Prägung der Walzen erzielt werden; ebenso läßt sich Draht für Sicherheitsgläser einwalzen. Dadurch wird jede Bearbeitung nach dem Erkalten erspart. Während teures Gebrauchs kristall kunstvoll geschliffen wird, erhält billige Ware ihre Form durch Pressen, Glasziegel, die schon viel im Gebrauch sind, werden ebenfalls durch Pressen hergestellt.

Große Schwierigkeiten bereitete bisher die Nach- und Weiterbearbeitung des Glases, da sie nur durch mühsames Schleifen mit Korund oder Diamantstaub möglich war. Das ist anders geworden, seitdem es gelungen ist, Hartmetalle zu erzeugen, deren Härte größer ist als die des Glases, so daß daraus Werkzeuge zur maschinellen Bearbeitung von Glas hergestellt werden können. Hartmetallwerkzeuge ermöglichen die Glasbearbeitung nach den Methoden der spanabhebenden Metallbearbeitung. Man kann jetzt also Glas mit Drehstählen, Bohrern, Fräsern und ähnlichen Werkzeugen in derselben Weise bearbeiten wie Metalle. Dadurch wird die Verwendung von Glas für viele technischen Zwecke ermöglicht, für die man es früher nur wegen der Schwierigkeit der maßhaltigen Bearbeitung nicht be-

nutzen konnte.

Glas ist hervorragend korrosionsbeständig und findet deshalb als Austauschstoff für Rohrleitungen neuerdings vielfache Verwendung. Solche Glasrohrleitungen werden in allen gangbaren lichten Weiten bis zu 200 mm Durchmesser geliefert. Die Wandstärken betragen je nach der Weite 3 bis 7 mm. Die Enden der Rohrabschnitte können durch einfache Metallschellen miteinander verbunden werden. Die Schellen mehalten eine Gummieinlage, um den Druck auf das Rohrende gleichmäßig zu verteilen. Die Enden der Rohre sind eben geschnitten und erhalten je nach dem Inhalt der Leitung einen Dichtungsring aus Gummi, Preßkork oder Asbest. Die in der Leitung befindliche Flüssigkeit kommt mit der Metallarmatur nicht in Berührung. Glasleitungen können auch größere Innen-

drucke vertragen, so kann z. B. eine Leitung von 50 mm lichter Weite bei einem Innendruck von 10 atü dauernd dicht gehalten werden. Preßstücke, Krümmer, U- und T-Stücke werden von den Herstellerfirmen geliefert. Eine besonders widerstandsfähige Sorte ist das Quarzglas, das aus Bergkristall hergestellt wird, es gelangt allerdings seines hohen Preises wegen vorwiegend für Laboratoriumsgeräte zur Verwendung. Neuere und billigere Gläser dieser Art werden unter den Handelsnamen Rotosil und Homosil herausgebracht, sie werden für Großapparate der chemischen Industrie verwendet.

Für viele Zwecke, insbesondere als Wärme- und Kälteisolator, hat sich die Glaswatte als wertvoll erwiesen. Glas ist ein Heimstoff, denn es wird, bis auf geringe Zusätze zu Sondergläsern, aus deutschen Rohstoffen hergestellt, es dient vor allem

für Zinn aus Austausch-Werkstoff.

4. Keramische Werkstoffe.

Unter Keramik versteht man die Kunst, gemahlene Gesteine und Erden zu formen und zu brennen. Sie ist schon sehr alt und hat sich in Deutschland in den letzten 500 Jahren nach und nach zu hoher Blüte entwickelt.

In der Maschinen- und Elektrotechnik werden mancherlei keramische Stoffe verwendet wie: Tonwaren, Steingut, Ziegel

und Porzellan.

Grundstoffe sind Ton, ein Aluminiumsilikat mit chemisch gebundenem Wasser, das Kaolin, Quarz und Feldspat. Feuerfeste Steine werden aus kieselsäurehaltigen Massen, aus reiner Tonerde, aus magnesiumhaltigen Massen (Magnesit) oder aus

vielen anderen Mineralien hergestellt.

Die feingemahlenen, von schädlichen Beistoffen gereinigten Mineralien werden zweckmäßig gemischt und mit Wasser zu einem Brei vermengt, der durch Auspressen eines Teils des Wassers bildsam wird. Geformt wird die so entstandene Masse auf der Töpferscheibe, mit Schablonen gepreßt oder durch Eingießen in Gipsformen, nachdem sie vorher wieder mit Wasser aufgeschwemmt wurde. Die Erzeugung von Keramiken ist sehr vielseitig, die wertvollste ist

das Porzellan. Es hat einen wasserundurchlässigen weißen Scherben und besteht aus 50% Kaolin, etwa 25% Feldspat

und 25% Quarz.

Nach dem Formen werden die Stücke vorgetrocknet, was entweder an der Luft oder künstlich z.B. mit der Abwärme der Öfen geschieht. Nach dem Vortrocknen werden die Teile gebrannt. Steingut, Steinzeug und Porzellan werden zweimal gebrannt. Steingut wird roh bei etwa 1200°, glatt bei etwa

1080° gebrannt. Bei Porzellan wird der erste Brand bei etwa 850°, der sogenannte Glattbrand bei 1400° durchgeführt. Feuer-

feste Steine werden bei 1700 bis 2000' gebrannt.

Nach dem ersten Brand wird bei Steingut, Steinzeug und Porzellan meist eine Glasur aufgebracht. Glasur ist ein leicht schmelzbares Glas, bei Porzellan eine Porzellanmasse, die durch größeren Zusatz von Flußmitteln (Feldspat und Kalkspat) in der Hitze leichter schmilzt. Man kann Malereien und schmückende Glasuren aufbringen.

Verwendet werden keramische Werkstoffe außer für vielerlei Haushaltsgeräte und Einrichtungsteile von Wohnungen für sehr viele technische Zwecke. Eine besondere Rolle spielt seiner hohen Isolierfähigkeit wegen namentlich das Porzellan in der Elektrotechnik, wofür unter dem Namen "Elektroporzellan"

besondere Sorten erzeugt werden.

Für die Elektrotechnik sind auch die aus Speckstein und Talk hergestellten keramischen Stoffe von großer Bedeutung, die als Steatit bezeichnet werden. Steinzeug wird vielfach für Rohrleitungen verwendet. Seiner guten Beständigkeit gegen Säuren und Laugen wegen wird es in der chemischen Industrie weitgehend verwendet.

Bei der Gestaltung von keramischen Werkstücken ist zu berücksichtigen, daß sie sich, nachdem sie gebrannt sind, nicht mehr bearbeiten lassen, sie müssen also im bildsamen Zustand die endgültige Form erhalten. Ausschuß muß niedrig gehalten werden, Beschädigungen sind zu vermeiden. Stärkere Zugund Biegungsbeanspruchungen dürfen nicht auftreten. Im übrigen haben keramische Werkstoffe bei richtiger Verwendung eine sehr hohe Lebensdauer.

5. Sonstige nichtmetallische Werkstoffe.

Der Umfang dieses Buches gestattet es nicht, alle oder auch nur die meisten nichtmetallischen Werkstoffe im einzelnen zu besprechen, was auch wohl kaum möglich wäre, da deren Zahl ganz außerordentlich hoch ist. Hier konnten daher nur die am meisten verwendeten Werkstoffe betrachtet werden. Zum Schluß soll jedoch noch eine kurze allgemeine Zusammenfassung folgen.

Nach ihrem Verwendungszweck könnte man die nichtmetal-

lischen Werkstoffe einteilen in:

A. Isolierstoffe.

1. gegen Elektrizität.

Es gibt keinen vollkommenen Nichtleiter, ebensowenig wie es einen vollkommenen Leiter gibt.

Metalle und Kohle leiten den elektrischen Strom am besten, schlechter leiten Flüssigkeiten wie angesäuertes Wasser und Salzlösungen, doch gelten diese Stoffe immerhin noch als gute Leiter.

Schlechte Leiter und somit Isolierstoffe sind: Bernstein, Glas, Porzellan, Marmor, Schiefer, Hartgummi, Guttapercha, Kautschuk, Leder, Baumwolle, Glimmer. Preßspan, Papier, Kunstharze usw.

2. Gegen Wärmedurchgang.

Gute Wärmeseiter sind Metalle, ihre Wärmeleitfähigkeit entspricht etwa der ihrer elektrischen Leitfähigkeit. Sehr schlecht leiten Luftschichten, die vor Strömungen geschützt sind, ferner lockere Stoffe wie: Sägespäne. Torfmull, Asche, Schnee, Federn, Pelz, Asbest und mancherlei tonige Stoffe (Lehm, Schamotte, Infusorienerde). Flüssigkeiten leiten ebenfalls schlecht, vollkommen nichtleitend ist der luftleere Raum (die Sonnenwärme kommt durch Strahlung auf die Erde).

B. Brennstoffe und Treibstoffe, die im Abschnitt A behandelt wurden.

C. Schmier- und Kühlmittel.

- Pflanzliche und tierische Öle und Fette: z.B. Leinöl, Rüböl, Nußöl, Olivenöl, Hanföl, Mohnöl, Terpentinöl, Knochenöl, Klauenöl, Fischöle (Tran) und viele andere pflanzliche und tierische Öle und Fette.
- Mineralöle: Erdöl und die daraus hergestellten verschiedenen Schmieröle, Teeröle.
- 3. Emulsionen sind Gemenge von Öl und Wasser, sie dienen als Kühlmittel bei der Metallbearbeitung.

D. Schleifmittel.

Die natürlichen Schleifmittel sind fast vollständig von den künstlichen verdrängt, hauptsächlich werden verwendet: Kunstkorund, der aus Tonerde gewonnen wird und zur Bearbeitung zäher Werkstoffe mit höherer Festigkeit dient. Silizium-Karbid aus einer Schmelze von Quarzsand, Koks, Sägemehl und Salz. Es eignet sich zum Schleifen spröder Werkstoffe von geringerer Festigkeit (Gußeisen, Hartguß, Glas, Porzellan, Steine) und sehr weicher Werkstoffe (Aluminium, Kupfer, Hartgummi usw.).

Für die Eigenschaften der Schleifwerkzeuge sind maßgebend: ihre Härte, Körnung und Bindung.

Hingewiesen sei noch auf Leder, Papier, Linoleum, Anstrichmittel, Beizen und andere Schutz-, Reinigungs- bzw. Verschönerungsmittel. Ferner Kitte, Klebstoffe u. v. a. m., die alle je nach Art der technischen Anforderungen eine mehr oder weniger hohe Bedeutung haben. Auf die große Rolle, die die neueren synthetischen Stoffe als Austauschwerkstoffe für viele der hier genannten Werkstoffe spielen, wurde schon bei Besprechung der Kunststoffe hingewiesen.



Schrifttumsverzeichnis

In Teil I dieses Bandes der Deutschen Werkmeister-Bücherei sind einige Bücher angegeben, die für die weitere Fortbildung, in der Naturlehre und der Werkstoffkunde zu empfehlen sind. auf sie sei auch an dieser Stelle hingewiesen, Ergänzend und insbesondere für die in diesem Teil der Werkstoffkunde behandelten Werkstoffe seien noch nachstehende Schriften genannt, die auch bei dieser Arbeit mit verwendet wurden:

1. Allgemeines.

"Chemie für Metallarbeiter." Von Dr. I. Bischoff,

A. Ziemsen-Verlag, Lutherstadt Wittenberg,

"Deutsche Roh- und Werkstoffe." Von Hans Gerhardt und Dr. Albert Höfner, Verlag Fritz Knapp, Frankfurt a. M.

"Kohle, Luft und Wasser." Von Prof. Robert Wizinger,

Frankh sche Verlagshandlung, Stuttgart.

"Kohle, Naturgeschichte des Rohstoffes." Von Dr. Karl A. Jurasky, Verlag Jul. Springer, Berlin.

2. N.-E.-Metalle.

"Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle." Herausgegeben von der "Deutschen Gesellschaft für Metallkunde im Verein deutscher Ingenieure". VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7.

"Deutsche Austauschstoffe". Von Prof. Dipl.-Ing.

H. Bürgel, Verlag Jul. Springer, Berlin.

"Was muß der Ingenieur vom Messing wissen?" Herausgegeben vom "Deutschen Kupfer-Institut E. V.". Berlin W 35. VDI-Verlag, Berlin NW 7.

"Bleibronzen als Lagerwerkstoffe." Herausgegeben vom "Deutschen Kupfer-Institut E. V.", Berlin W 35. "Technologie des Aluminiums und seiner Le-

gierungen." Von Dr. Ing. Alfred v. Zeerleder, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig.

"Aluminium-Taschenbuch." Herausgeber und Verlag Aluminium-Zentrale G. m. b. H., Berlin W 50.

"Werkstoff Magnesium." Verschiedene Bearbeiter. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7.

"Zerspanung der Leichtmetalle." Von Dr.-Ing. A. Wallichs und Dr.-Ing. R. Wallichs, Carl Hauser Verlag, München 22.

"Spanlose Formung von Halbzeugen aus Leichtmetall-Werkstoffen" auf Grund ihrer Geschmeidigkeit." Von Helmut Hornauer. Carl Hauser Verlag, München 22.

"Anleitungsblätter für das Schweißen und Löten von Leichtmetallen." Verschiedene Bearbeiter.

VDI-Verlag, Berlin NW 7.

"DIN-Taschenbuch 4 Werkstoffnormen." Stahl, Eisen, Nichteisenmetalle. Beuth-Vertrieb G. m. b. H., Berlin SW 68.

3. Nichtmetalle.

"Zur Chemie der Kunststoffe." Von Dr. Emil Dreher.

J. F. Lehmanns Verlag, München-Berlin.

"Kunstharzpreßstoffe und andere Kunststoffe." Von Ober-Ing, Walter Mehdorn. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7.

"Kunststoffe, ein Leitfaden für die Praxis." Im Auftrage des Fachausschusses für Kunst- und Preßstoffe des Vereins deutscher Ingenieure herausgegeben von Dr. Franz Pabst und Dr. Richard Vieweg. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7.

"Im Zeitalter der Kunststoffe." Von Kurt Brandenburger, I. F. Lehmanns Verlag, München-Berlin.

"Die Kunststoff-Auswahl." Von Kurt Brandenburger.

, Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig.

"Kunststoff-Taschenbuch." Von Dr. F. Pabst. Verlag

Physik F. & L. Pabst, Berlin-Dahlem.

"Verwendung und Zusammensetzung, Konstruktion und Fabrikation sowie Prüfung von Preßstoffabrikaten." Vorträge von der Preßstoff-Tagung der Fachgruppe "Isolierstoffe" in der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie. Herausgegeben von der Fachgruppe und als Manuskript gedruckt. Berlin W 35, Corneliusstr. 3.

"Shell Taschenbuch für Werkstatt und Betrieb."

Uhlands technischer Verlag, Leipzig.

4. Technische Zeitschriften.

Die nachstehend aufgeführten Zeitschriften befassen sich

vorwiegend mit Fragen der Werkstoffkunde:

"Aluminium." Fachorgan zur Förderung der gesamten Industrie des Aluminiums und seiner Legierungen, Aluminium-Zentrale G. m. b. H., Abt. Verlag, Berlin W 50, Budapester Str. 53. "Kunststoffe." Zeitschrift für Erzeugung und Verweitung veredelter oder chemisch hergestellter Stoffe. J.F

Lehmanns Verlag, München.

"Kunststoff-Technik und Kunststoff-Anwell dung." Technisches Zentralblatt der Preß- und Spritzgubmassen und verwandter Kunststoffe. Herausgeber: Verlag Physik F. und L. Pabst, Berlin-Dahlem.

"Metallwirtschaft — Metallwissenschaft — Metalltechnik." NEM-Verlag, Berlin W 35, Kluckstr. 21, "Zeitschrift für Metallkunde." VDI-Verlag G. m

b. H.. Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40.

Sachverzeichnis

Seite	Seite
Aeronal	Bleierze 9
Acryl-Polymerisate 209	Bn-Metall 72
Admosmetall 46	Bronzen 51
Aeterna 46	Buchdruckmetalle 60
Albertole 171	(siehe auch Lettern-
Alfenide 60	metall)
Alpakka 60	Bunsen, Rob 76, 86
Alterung (Alu-Leg.) 102	Cäsium 74,75
Aluminatlauge 81	Carbanidharz 171
Aluminium 76ff.	Careco
Al-Bronzen 56	Carnallit 87
Al-Legierungen 88ff	Carobronze 58
(Tafeln 18—28)	Cerium
Al-Spritzguß 105	Chinasilber 60
(Tafel 25)	Chrom 29
Aluminothermisches Ver-	Compometall 72
fahren 30	Corrixmetall 56
Alva 36	Crackverfahren 153
Amalgame 37	Cupal9
Aminoplaste 171	Daraco
Antimon 35	Decelith 207
Argentan 60	Deltametall
Asphalt 151	Descloizit 32
Astralon 205	Dolomit 86
Aushärtung (d. AlLeg.) 101	Duranametall 46
Austauschwerkstoffe 57	Ebbinghaus 72
(siehe Teil I)	Edelkunstharz 196
Automatenlegierungen 99	Edelmetalle 36
Azetylengas 153	Eiweiß-Kunststoffe 197
Backeland, H. L 170	Elektrolyse (des Kupfers) 6
Bakelite 170	Elektrolytkupfer 6
Bauxit 76, 78	Eloxal-Verfahren 130
Bé 79	Erdgas 153
Beryllium 74,75	Erdől
Beryllium-Contracid 76,	Erdpech 151
Beryllium-Legierung 58	Erdwachs 151
Benzin 151	Ester 165
Blei 9	ETV-Metall 72
Control Contro	

Salte	Seite
EW-Verfahren 129	Kolbenlegierungen 97
Feuerfeste Steine 219	(Tafel 23)
Formaldehyd 168	Kondensation 165
Füllstoffe 173	Kondensatorrohre 44
Gallium 37	Korrosionsbeständigkeit
Galmei 15	(Teil I u.b. d. verschiedenen
Garnierit 22	Metallen)
Germanium 37	Konstantan 59
Giesche Zl 63, 64, 65	Konverterkupfer 4
Gittermetall 72	Konzentrations-Nickel-
Glas 216	stein 25
Glyco-Metall 72	Kryolith 82
Gold 36	Kresol 170
Grünspan 2	Kühlmittel 220
Gummi 215	Kunstharz-Preßstoffe
Gußharze 196	(Bearbeitung) 195
Guttapercha 216	— Normung 186
Harnstoff 171	Kunststoffe-Arten
Hartholz 183	(Handelsnamen,
Hartgewebe 181	Tafel 32) 154
Hartgummi 215	
Hartpapier 181	
Hartverchromung 30	Kunstlacke 213
Herberit (siehe Wolfram)	Kunstleime 213
Hochfeste Legierungen 57	Kupfer (Schema) 1, 3
Holz 150, 214	Kupfererze 2, 4 Kupferstein 4
Hübnerit (siehe Wolfram)	
A STATE OF THE PARTY OF THE PAR	
Igelit 205	Lagermetalle 68 Latex
Indium 37	
Invar 60	
Iridium 36	(allgemein in Teil I)
Isolierstoffe 219	Leichtflüssige Legierungen 61
(siehe auch Kunst-	Leichtmetalle (allgemein) 74
harzpreßstoffe)	(siehe bei den versch.
Kadmium 27	Metallen)
Kalium 74,75 Kalzium 74,75	Letternmetall (auch
Kalzium 74,75	Buchdruckmetall) 12
Katalyse (Katalysator)	Lignofol 181
(siehe Teil I)	Lithium 74,75
(siehe Teil I) Kauritleim 172, 213	Lötmetalle 51
Keramik 218	Lötzinn 62
Kobalt 33	Magnesia 86
Kohle 145	Magnesit 36
Kohleverflüssigung 147	'Magnesium 86

S	erte		Belto
Magnesium-Legierungen	200	Regenerativfeuerung	17
(Tafeln 29-31) 1311	141	(siehe auch Teil I)	
www.	136	Resit	171
Magnetkies	22	Resitol	171
Malachit	4	Resol	170
Mandura	57	Rhenium	37
Mangan	28	Rhodium	36
Maschinenbronze	55	Roses-Metall	65
	129	Rotguß	55
Messing	38	Rubidium 74	1.75
Messing-Normen	49	Rübelbronze	46
Mipolam 2	205	Ruthenium	36
Molybdän	31	Rutil	93
Monazitsand	36	Scheelit (siehe Wolfram)	
Monel-Metall	59	Schlaglot	51
Mottromit	32	Schleifmittel	220
Neusilber	60	Schmelzsicherung	62
Nichtmetalle 144		Schmiermittel	220
Nickel	22	Schnittgeschwindigkeiten	
Nickelin	59	b. Aluminium-Legie-	
Nickel-Legierungen	59	rungen 124, 125, 126,	127
Nickelplattierung	26	b. Kunstharzpreß-	
Nidabronze	58	stoffen	195
Niobium	34	Schwarzkupfer	4
Normung (siehe Teil I u.	-	Schwefelkies	22
b. d. einzelnen Stoffen)		Schwermetalle	1
	71	Schwingmetall	215
	90	Sicudur	57
Osmium	36	Sicufal	57
Patina	2	Silber	36
Palladium	36	Silberlot	51
Pe Ce-Faser 9	208	Silizium 74	1,75
Teka-Glas	206	Spateisenstein	28
rnenol 1	70	(siehe auch Teil I)	
Phenoplaste	170	Spiritus	154
riatin	36	Spritzgußverfahren	67
Tiexigias .	211	Stanniol	14
riexigum	209	Stealit	219
Folymerisation 1	65	Steingut	218
r orzelian	218	Steinzeug	218
Fredgub (Messing)	42	Strangpressen	44
repstoffe	173	(auch bei Kunststoffen)	
restoffe, geschichtete 1	31	Strontium 74	, 75
Quarzal	73	Tantal	34
Quecksilber	36	Teer	146

	Selte		Seite
Thallium	87	Wismut	35
Thermoplastische Massen	200	Wöhler, Friedrich	76
Titan	33	Wolfram	30
Tombak	38	Woods-Metall	65
Tonerde	79	Wulfenit	31
Typisierung der Kunst-		Zamak 63-	-66
harz-Preßstoffe	184	Zelluloid	200
(Tafel 35)		Zellulose	198
Urerdöl		Zellulose-Äther	201
Urteer		Zellulose Xanthogenat .	201
Vanadium	32	Zer (siehe Cerium)	36
Verkokung		Zink	15
Vernickelung	26	Zinkdestillation	17
Verschwelung	147	Zinkelektrolyse	17
Verzinkung	21	Zinkformgußlegierungen	63
Vinidur		Zinkspritzgußlegierungen	65
Vinylverbindungen	203	Zinn	13
Volvit-Bronze	58	Zinnbronzen (siehe	10
Vulcanfiber		Bronzen)	51
Vulkanisation			14
Wasserstoff		Zinngeschrei	13
Weichlote		Zinnpest	56
Wilm, Alfred	88	Zollernbronze	90





Deutsche Werkmeister=Bücherei

Herausgeber Ing. Heinz Gramm

Eine Sammlung von Fachbüchern der Metallbearbeitung nach dem neuesten Stand der Technik. Nachschlage- und Lehrbücher für strebsame Lehrlinge, Junggehilfen, Facharbeiter, Werkmeister

Band 1 Spangebende Formung:

1. Tell Dreherei. 2. Teil Fräserel 3. Tell Schleifen und Hobeln

4. Teil Bohren, Räumen, Fellen, Sägen

- 2 Spanlose Formung 3. Teil Stanzerei
- 3 Maschinenschlosserei
- 4 Härterei
- ..-5 Betriebsberechnungen
 - 6 Schneidwerkzeuge
- 7. 1. Teil Modelltischlerei
 - 2. .. Kostenberechnung im Holzmodellbau
- 8 Der Werkstättenbetrieb
 - 1. Teil Betriebsorganisation und Werkstattanlage.
 2. Teil Werkstattausrüstung und Werkstattarbeit.
- 9 Schweißen und Brennschneiden
- ., 10 Meßwerkzeuge und Werkstattmessungen
 - .. 11 Werkstoffe:
 - 1. Teil Grundbegriffe der Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung, Werkstoffnormung, Eisen und Stahl. 2. Teil Nichteisenmetalle, Hilfs- und Neustoffe
- "12 Hilfsbuch für Betrieb und Konstruktion
- "13 Graphische Rechentechnik

Tafelsammlung und Hilfsbuch für den Gebrauch in Metallarbeiterklassen an Werk- und Berufsschulen RM 1 .--

Jeder Band oder Teil in Ganzleinen gebunden mit je ca. 250 Seiten Text und 200 Abbildungen Preis RM. 3.50

Ausführliche Prospektel

A. Ziemsen Verlag Wittenberg Lutherstadt

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag: A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt, Verantwortl, für den redaktionellen Tell: Ing. Heinz Gramm, Berlin. Für den Anzeigenteil: Amandus Ziemsen, Wittenberg. P.L. No. 1. Druck: Breitkopf & Härtel, Leipzig. Vom Werberat gen. Nr. 8782.



WILHELM FETTE

PRAZISIONSWERKZEUG-FABRIK HAMBURG-ALTONA · BAHRENFELDER STRASSE 92 BG Politechniki Śląskiej nr inw.: 102 - 141187



Dyr.1 141187