

Sammlung Götschen

Die Baustoffe
des Maschinenbaues
und der Elektrotechnik

Von

Prof. Hermann Wilda

Mit 15 Abbildungen



Kriegseinband

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297956

Sammlung Götschen

Die Baustoffe des Maschinen- baues und der Elektrotechnik

Von

Prof. Hermann Wilda

Ingenieur

Inhaber der Medaille des Vereins zur Beförderung
des Gewerbefleißes in Preußen

Mit 15 Abbildungen

Zweite Auflage

Neudruck



Berlin und Leipzig

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Götschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp.

1919

A. 1113

476



~~I 380~~

1-301281

Alle Rechte, namentlich das Übersetzungsrecht,
von der Verlagsbehandlung vorbehalten.

Druck von
C. C. Röder & m. b. G., Leipzig.
836019.

Akc. Nr.

~~2815~~ 151

2011-7-569/2826

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt.

Die Baustoffe des Maschinenbaues und der Elektrotechnik.

	Seite
I. Eisen und Stahl	5
1. Allgemeine Einteilung	5
2. Roheisen	9
3. Gußeisen	12
4. Stahlformguß	16
Schmiedbares Eisen	18
6. Das Härten des Eisens	22
7. Die Erzeugnisse des Hochofens nach ihrer Verwendung und Zusammensetzung	23
8. Eisen und Stahl als Baustoffe der Elektrotechnik	28
9. Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl	38
10. Kosten des Eisens und Kostschutzmittel	39
11. Werkzeugstahl und Stahllegierungen	42
a) Einteilung und Verwendung	42
b) Für Konstruktionsstahl	44
c) Werkzeugstahl	46
d) Herstellung und Behandlung von Schnellstahl	56
II. Kupfer	59
III. Blei	62
IV. Bismut	64
V. Antimon	64
VI. Aluminium	65
VII. Nickel	67
VIII. Platin	68
IX. Silber	68
X. Zink	69
XI. Zinn	72
XII. Legierungen	73
1. Allgemeine Eigenschaften der Legierungen	73
2. Die Kupfer-Legierungen (Bronzen usw.)	77
3. Elektrische Leitungsfähigkeit und spezifischer Widerstand der wichtigsten Materialien der Elektrotechnik	94

Zweiter Abschnitt.

Hilfsstoffe.

I. Lötstoffe	95
II. Die Schleifmittel	101
III. Kieselsgur	105
IV. Glimmer	107
V. Porzellan	107
VI. Glas	108

	Seite
VII. Papier und Pappe	108
VIII. Asbest	109
IX. Kautschuk, Balata, Guttapercha	111
X. Kohle und Graphit	115
XI. Seide	119
XII. Die Wärmeschuhstoffe	119
XIII. Isolierstoffe der Elektrotechnik.	122
XIV. Leder	123
XV. Asphalt, Teer, Pech, Wasserglas, Talkum	126
XVI. Erden und Steine.	127

Dritter Abschnitt.

Betriebsstoffe.

I. Die Schmiermittel	131
II. Anstriche	141
III. Ritte	143
IV. Kurze Übersicht der wichtigsten Formmaterialien	147
V. Fußmaterialien	148

Literatur.

- Bornemann, Die binären Metallegierungen.
 Brearley = Schäfer, Die Wärmebehandlung der Werkzeugstähle.
 Deutsches Normalprofilbuch für Walzeisen.
 Großmann, J., Die Schmiermittel.
 Guertier, Metallographie.
 Hanemann, Einführung in die Metallographie und Wärmebehandlung.
 Heyn, E., Die technisch wichtigen Eigenschaften der Metalle und Legierungen.
 Hoffmann, Qualitätsstähle.
 Holde, Untersuchung der Schmiermittel.
 „Hütte“, Taschenbuch des Ingenieurs.
 Mars, Die Spezialstähle.
 Martens = Heyn, Materialienkunde.
 Obach, Die Guttapercha.
 Raczulka, Die Legierungen.
 Simmersbach, Das Eisen.
 Stephan, F., Die Festigkeitseigenschaften der Konstruktionsmaterialien des Maschinenbaues.
 Taschenbuch der Hütte für Eisenhüttenleute.
 Thallner, Schnelldrehstahl.
 Zschimmer, Die Glasindustrie in Jena.
 Zwick, Das Wasserglas.
 Civil-Ingenieur Bd. 38, Heft 3. Drahtglas.
 Dinglers Polytechnisches Journal.
 Stahl und Eisen.
 Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure.
 Wieferzeitung.

Erster Abschnitt.

Die Baustoffe des Maschinenbaues und der Elektrotechnik.

Während die hüttenmäßige Gewinnung der Metalle und die mechanisch- und chemisch-technologischen Prozesse in den Bändchen 113, 152/53 der Sammlung Götschen eingehend behandelt sind, sollen im folgenden die für die Praxis des Maschinenbaues wichtigen Bau-, Hilfs- und Betriebsmaterialien vom Gesichtspunkt ihrer Verwendung aus behandelt werden.

I. Eisen und Stahl.

1. Allgemeine Einteilung.

a) Die für technische Zwecke verwendeten Arten des Eisens werden sämtlich aus Roheisen hergestellt. Roheisen wird durch Schmelzen von Eisenerzen mit Brennstoffen unter Zusatz geeigneter Zuschläge, vorwiegend Kalkstein unter gleichzeitiger Einführung gepreßter und erhitzter Luft im Hochofen gewonnen.

Die wichtigsten Eisenerze sind: Magneteisenstein (Eisenoryduloxyd, Fe_3O_4), Brauneisenstein (Eisenhydroxyd $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$), Spateisenstein (Eisenkarbonat FeCO_3) und Roteisenstein (Eisenoxyd Fe_2O_3).

b) Das verwendete Eisen in technischem Sinne wird niemals in reinem Zustand verwendet, sondern ist stets eine Legierung, deren Bestandteile das Verhalten und die Eigenschaften des Eisens bestimmen.

Roheisen enthält meist Silizium, Phosphor, Schwefel und Mangan und immer einen Kohlenstoffgehalt von mindestens 2,3%. Es schmilzt bei einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur von 1080° bis 1280° C und läßt sich nicht schmieden.

Man unterscheidet weißes, graues und halbiertes Roheisen. Das graue Roheisen wird zu Guß- und Schmiedeeisen, das härtere weiße Roheisen nur zu Schmiedeeisen weiterverarbeitet. Durch langsame Abkühlung lassen sich einige



Abb. 1. Ferrit, 0,1% C.



Abb. 2. Perlit, 1% C.

Sorten weißen Roheisens in graues umwandeln oder graues kann durch Abschrecken in weißes verwandelt werden. Im großen und ganzen ist dies aber nur bei halbierten Eisensorten der Fall, ausgesprochen weiße oder graue Sorten lassen sich auf diese Weise nicht ändern.

c) Die Zusammensetzung der Eisensorten wird durch chemische Analyse ermittelt, ein Schluß auf ihre Festigkeitseigenschaften wird durch die Untersuchung des Gefüges ermöglicht, das je nach der Zusammensetzung verschiedene Gestaltung zeigt, und an geschliffenen, polierten und dann geätzten Flächen unter dem Mikroskop beobachtet werden kann.

Seinem Gefüge nach wird chemisch reines Eisen als Ferrit bezeichnet (Abb. 1), mit 0,95% Kohlenstoff legiert als

Perlit (Abb. 2), bei höherem Kohlenstoffgehalt als Zementit (Abb. 3). Das feinkörnige Gefüge des bei 1000 bis 1200° C abgeschreckten gehärteten Stahls wird Martensit genannt (Abb. 4), wenn es von grober, Austenit, wenn es



Abb. 3. Zementit, 1,5% C.



Abb. 4. Martensit, 1% C.

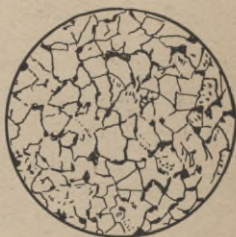


Abb. 5. Schnellarbeitsstahl.

von feinerer Struktur ist. Große Ähnlichkeit mit dem Perlit haben Gefügebildungen, die beim Erwärmen des Martensit erscheinen und unter den Namen Troostit, Osmondit und Sorbit gekennzeichnet werden.

Beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand zeigt

sich bei gewissen Temperaturhöhen im Abfall der Temperatur eine Verzögerung (Haltestellen). Die Erscheinung wird als Rekaleszenz bezeichnet, ähnliche Erscheinungen zeigen sich im Verlauf der steigenden Temperatur, besonders ganz in der Nähe des Schmelzpunktes.

Das schmiedbare Eisen mit höchstens 1,6% Kohlenstoff und einem zwischen 1400 und 1600° C liegendem Schmelzpunkt wird in Schweißeisen bzw. Schweißstahl und in Flußeisen bzw. Flußstahl unterschieden, je nachdem die Umwandlung des weißen Roheisens im nichtflüssigen oder flüssigen Zustand vollzogen wird. Eisen und Stahl lassen sich auf Grund des Kohlenstoffgehalts nicht scharf voneinander trennen, da für die Härtebarkeit des Stahls absichtliche Beimengungen, wie Mangan, Chrom, Silizium usw., ebenfalls maßgebend sind.

Die Schmelztemperatur des Eisens liegt meist etwas höher als die des Stahls, während das sog. Feinkorneisen in bezug auf sein Verhalten zwischen dem nicht härtbaren Eisen und dem härtbaren Stahl liegt.

Die vom Kohlenstoffgehalt beeinflussten Glühfarben des Eisens liegen nach den üblichen Bezeichnungen etwa bei folgenden Temperaturen:

Im Dunkeln glühend	∞ 500° C
Dunkelrot	∞ 700° C
Dunkelkirschrot	∞ 800° C
Kirschrot	∞ 900° C
Gelb	∞ 1000° C
Hellgelb	∞ 1100° C
Weiß	∞ 1200° C
Weißglühend	∞ 1300° C
Schweißhitze	∞ 1400—1500° C
Blendend weiß über	∞ 1500° C.

d) Wedding gibt für die Einteilung des Eisens in die bekannten großen Gruppen das folgende Schema:

Eisen

Roheisen (5—2,6% C)
leicht schmelzbar, d. h. gießbar
nicht schmiedbar, d. h. spröde

Schmiedbares Eisen
(1,5—0,05% C)
nicht gießbar, aber schmiedbar

Flußeisen

aus flüssigem Zustand gewonnen,
schlackenrein

Schweißeisen

aus teigigem Zustand gewonnen,
schlackenhaltig

Flußstahl

ingot steel
acier fondu
1,5—0,6% C
härtbar

Fluß-
schmiedeeisen

ingot iron
fer fondu
0,6—0,05 C
nicht härtbar

Schweißstahl

weld steel
acier soudé
1,5—0,6% C
härtbar

Schweiß-
schmiedeeisen

weld iron
fer soudé
0,6—0,05% C
nicht härtbar

2. Roheisen

ist alles Eisen, das so viel Kohlenstoff, 2,3% und mehr, enthält, daß es, abgesehen von anderen Beimengungen, unsmiedbar ist.

Nach Art der Gewinnung teilt man das Roheisen ein in Koks-, Anthrazit- und Holzkohlenroheisen.

Roheisen in flüssigem Zustande enthält den Kohlenstoff wegen seines größeren Mangangehaltes in inniger Verbindung mit dem Eisen. Man bezeichnet diese Kohlenstoffform als Härtungskohle. Sie verändert sich nicht, wenn das Eisen schnell zur Erstarrung kommt; das Roheisen wird in diesem Falle weiß und heißt weißes Roheisen. Bei langsamem Erstarren aber scheidet sich ein Teil der Härtungskohle kristallisiert als Graphit aus, der in Form kleiner Blättchen oder Schuppen sich mechanisch mit dem Eisen vermengt und dem Roheisen eine graue Farbe verleiht, graues Roheisen.

Die Übergänge zwischen dem weißen und dem grauen Roheisen nennt man, je nachdem die weiße oder graue Farbe vorherrscht, meliertes, grau meliertes, stark halbiertes oder schwach halbiertes Roheisen. Mit dem Gehalt an Kohlenstoff wächst die Härte des Eisens.

a) Nach der Struktur bezeichnet man alles Roheisen als

graues Roheisen, das den Kohlenstoffgehalt, infolge der Einwirkung des Siliziums, vorwiegend in graphitischer Form enthält, während Roheisen, in dem der Kohlenstoffgehalt hauptsächlich gebunden ist, als weißes Roheisen bezeichnet wird.

Graues Roheisen, bei dem ein mehr oder minder großer Teil des Kohlenstoffs als Graphit erscheint und nur der Rest als Härtungskohle gelöst ist, hat körniges Gefüge, enthält Silizium, ist weicher und zäher als das weiße Roheisen, leicht flüchtig und dehnt sich beim Erkalten etwas aus. Es wird vorwiegend zur Herstellung von Gußeisen verwendet.

Nach dem Aussehen des Bruches unterscheidet man feinkörnig helleres, das mit sehr kleinen Graphitblättchen durchsetzt ist, und grob kristallinisches.

Einteilung des grauen Roheisens.

Siliziumeisen: Siliziumgehalt mehr als	5%
Siliziumreiches graues Roheisen: Siliziumgehalt mehr als	3,5—5%
Tiefgraues Roheisen: Siliziumgehalt mehr als	2,0—3,5%
Gewöhnliches graues Roheisen: Siliziumgehalt mehr als	1,5—2,0%
Lichtgraues Roheisen: Siliziumgehalt mehr als	1,0—1,5%
Brelles oder halbweißes Roheisen: Siliziumgehalt weniger als	1%

b) Weißes Roheisen enthält sämtlichen Kohlenstoff als sog. Härtungskohle im Eisen gelöst, hat strahliges Gefüge, ist sehr hart und spröde und nicht für die Erzeugung von Gußeisen geeignet, sondern wird nur zu Schmiedeeisen weiterverarbeitet.

Einteilung des weißen Roheisens.

Rohmangan, Ferrormangan, Eisenmangan: Mangangehalt mehr als	25%
Hochmanganhaltiges Spiegeleisen: Mangangehalt mehr als	15—25%

Spiegeleisen, Grob Spiegel: Mangangehalt mehr als 5—15%
 Halbspiegeleisen (Kleinspiegel): Mangangehalt
 mehr als 5—6%

Grau- oder Saumspiegel, Graphitausscheidung
 durch höheren Siliziumgehalt herbeigeführt.

Weißstrahliges Roheisen: Mangangehalt unter 5%

Hochstrahliges Roheisen, strukturähnlich dem Halb-
 spiegeleisen.

Kerneisen, halbiertes Roheisen, teilweise Graphit-
 ausscheidungen durch Siliziumgehalt.

Gewöhnliches Weißeisen, Weißkorn, Matteisen, fein-
 körniges, weißes Roheisen: Mangangehalt unter 1%

c) Halbiertes oder meliertes Roheisen liegt zwischen
 grauem und weißem und zeigt die weiße Grundmasse außer
 dem Graphit.

d) Nach dem Zweck der Weiterverarbeitung hat man zu
 unterscheiden: Gießerei-, Bessemer-, Thomas-, Martinrohei-
 sen, Rückkohleisen, Puddelroheisen und Frischfeuerroheisen.

Außer den erwähnten Roheisensorten werden auch le-
 gierte Roheisen hergestellt, die außer Kohlenstoff, Mangan und
 Silizium noch andere Metalle, wie Nickel, Kobalt, Chrom, Wolf-
 ram, Molybdän, Titan, in erheblicherem Maße enthalten,
 wobei das Erzeugnis dem Hochofen entstammen oder durch Zu-
 sammenschmelzen von Roheisen mit den Erzen der Legierungs-
 metalle im Tiegel, im elektrischen Ofen usw. erzeugt sein kann.

Das Roheisen kommt in der Form von Gängen, Flos-
 sen, Barren in den Handel, oder es wird, nachdem es in
 Roheisenmischern gesammelt ist, direkt auf schmiedbares Eisen
 weiterverarbeitet.

Für direkte Formgebung enthält das im Rotshochofen
 erblasene graue Roheisen zuviel Silizium und muß daher
 umgeschmolzen werden, was in Kupolöfen, seltener in Tiegel-
 oder Flammöfen erfolgt.

Eine direkte Verarbeitung des Roheisens zu Fertigerzeugnissen findet fast gar nicht mehr statt.

3. Gußeisen,

wenn auch in vielen Fällen durch Stahlformguß ersetzt, bildet den billigsten und vielfach verwendeten Baustoff im Maschinenbau. Der Höchstgehalt an Kohlenstoff beträgt 6%, und seine Herstellung erfolgt durch ein- oder mehrmaliges Umschmelzen aus grauem oder halbiertem Roheisen, oft zusammen mit Stahlabfällen, in Kupolöfen unter Verwendung von Koks, nicht so häufig in Tiegel- oder Flammöfen. Für Verwendungszwecke, die hohe Anforderungen an die Festigkeit des Materials stellen, darf für Gußeisenerzeugung nur ein wenig Phosphor enthaltendes Roheisen (Hämatit) verwendet werden. Je nach dem Zwecke, dem es dienen soll, geschieht seine Formgebung vorwiegend als Sandguß, bei Stücken von großen Abmessungen findet Masse- oder Lehrguß Anwendung oder in Dauerformen als Kokillenguß oder Hartguß. Das Formen erfolgt mit Schablonen oder Modellen, die sich auch für einfache Umdrehungskörper billiger stellen als erstere. Formmaschinen eignen sich besonders für die Herstellung von Massenartikeln kleinerer Abmessungen.

a) Die meisten verwendeten Gußeisenarten werden durch Zusammenschmelzen (Gattieren) verschiedener Gießereiroheisen hergestellt, um die für den Spezialzweck erforderlichen Eigenschaften, Härte, Dichte, Dehnbarkeit, Festigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen und Temperaturwechsel, Sicherheit gegen Werfen und Reißen zu erzielen.

Der Schmelzpunkt der meisten Gußeisenarten liegt bei ungefähr 1200°C, ihr spezifisches Gewicht beträgt flüssig 6,9, fest 7,25, und beim Erkalten schwinden sie um 0,9—1,35%, im Mittel angenähert um 10,42 mm auf 1 m.

Gußeisen läßt sich nicht schmieden oder härten. Die Eigen-

schaften des Gußeisens hängen theils von den Umständen ab, wie schnell oder langsam das Erstarren stattfindet, in höherem Maße aber von den Beimengungen anderer Körper.

Eisensorten mit höherem Mangan- oder Chromgehalt sind weiß. Silizium und Mangan wieder erzeugen, in genügender Menge vorhanden, stets graue Sorten.

b) Der Kohlenstoffgehalt beeinflusst die technischen Eigenschaften des Gußeisens beträchtlich. Ein Gehalt von $\sim 0,15\%$ macht es weich, ein solcher von $0,47\%$ verleiht ihm verhältnismäßig große Zugfestigkeit, mit 1% zeigt es große Druckfestigkeit.

a) Für die Geeignetheit einer Gußeisensorte für einen bestimmten Zweck ist der Siliziumgehalt von der höchsten Wichtigkeit, da er den größten Einfluß auf Härte und Gießbarkeit ausübt. Ein geringer Zusatz von Silizium trägt zur Vermeidung von Fehlstellen im Guß bei, zu großer Gehalt aber macht das Gußeisen spröde, auch das Schwinden wird durch den Siliziumgehalt insofern beeinflusst, als es durch geringen Gehalt vermindert, durch zu großen aber gesteigert wird. Harte Gußeisensorten schwinden durchschnittlich am meisten.

β) Aluminium äußert schon in weit geringeren Mengen als Silizium denselben Einfluß wie dieses. Wegen der größeren Billigkeit des Siliziums aber und der größeren Leichtigkeit der Prüfung des Einflusses, den Silizium ausübt, wird dieses vorzugsweise verwendet.

Übliche Gußeisensorten haben etwa $1,4\%$ Siliziumgehalt, mit $0,8\%$ ist es weich, mit $1,8\%$ wird die Zugfestigkeit groß, mit $2,5\%$ jedoch wird es wieder weich.

γ) Schwefel darf sich in guten Gußeisensorten mit nicht mehr als $0,15\%$ vorfinden.

δ) Ein Phosphorgehalt von $2-5\%$ verleiht zwar dem Gußeisen große Leichtflüssigkeit und wird für Gegenstände mit dünnen Wandungen oft benutzt, aber wenn Festigkeit

gefordert wird, muß Phosphorgehalt vermieden werden, da das Gußeisen dadurch sehr spröde wird, über 0,55% Phosphor sollte in dem Eisen nicht vorhanden sein, wenn sich oft auch 1—1,5% vorfinden.

e) Mangangehalt unter 1% hat keinen wesentlichen Einfluß auf die Eigenschaften des Gußeisens, das, wenn es zugleich Silizium enthält, auch bei höherem Mangangehalt, den für dieses charakteristische Aussehen noch nicht erhält.

Über 1,5% Mangan verleiht dem Gußeisen eine merkbar größere Härte bei der Bearbeitung und ermöglicht die Herstellung sehr glatter Oberflächen. Der gewöhnliche Gehalt an Mangan beträgt zwischen 0,35% bis 1,2%.

Mangangehalt allein wirkt auf Härte des Eisens hin, Ferromangan, dem flüssigen Eisen zugefügt, jedoch macht es meist weicher.

ζ) Ein Vanadiumgehalt von 0,05% äußert schon einen merklichen Einfluß, erhöht von 0,05% bis 15% die Festigkeit und Zähigkeit des Gußeisens und erzeugt einen sehr feinen Bruch.

η) Einfluß der chemischen Bestandteile des Eisens auf seine Festigkeit, Schmelzbarkeit und Schweißbarkeit.

	Festigkeit	Schmelzbarkeit	Schweißbarkeit
Arsen . . .	vermindert	vermindert	vermindert
Chrom . . .	erhöht	erhöht	erhöht
Kohlenstoff . . .	vermindert	vermindert	vermindert
Kupfer . . .	vermindert	erhöht	vermindert
Mangan . . .	erhöht	erhöht	vermindert
Nickel	erhöht	erhöht	vermindert
Phosphor . . .	vermindert	vermindert	erhöht
Schwefel . . .	vermindert	erhöht	erhöht
Silizium . . .	erhöht	vermindert	vermindert
Titan	erhöht	erhöht	erhöht
Wolfram . . .	erhöht	erhöht	erhöht

c) Die meisten Gußeisensorten zeigen durch mehrfaches Umschmelzen eine Verbesserung in ihren technisch wichtigen Eigenschaften, die größte Festigkeit zeigt sich oft erst nach acht bis zehn Umschmelzungen.

Bei wichtigen Teilen, Zylindern, Kolben usw., die in der Regel größte Festigkeit mit Leichtigkeit verbinden sollen, wird das Gußeisen daher öfter umgeschmolzen.

Dampfzylinder, die außer starken Temperaturschwankungen hohe Beanspruchungen und Stöße auszuhalten haben und zugleich eine glatte Oberfläche besitzen müssen, sollen ein dichtes Gefüge im Material zeigen. Gleitflächen werden meist aus härterem Gußeisen hergestellt, häufig werden, um Härte und Festigkeit zu erzielen, Stahlspäne dem Material gattiert, jedoch wird das meist nur für die Herstellung starker Gußstücke mit ebenen Flächen getan. Das Material eignet sich für die Herstellung von Schwungrädern, Zylindern von Dampf und Verbrennungsmotoren, Kolben für Dampf, Gas, Ammoniak, große Flanschen, Lagerstühle, Kupplungen usw.

Grundplatten und andere große Gußstücke, die schon aus Herstellungsrückichten stärker in den Abmessungen ausfallen, als es ihre Beanspruchung verlangt, werden häufig aus weniger dichtem Material gegossen, das aber stets imstande sein muß, auftretende Stöße aufzunehmen.

Die Herstellung völlig gesunden, d. h. blasenfreien Gußeisens kann selbst bei ganz zweckentsprechender Behandlung beim Gießen nicht immer gewährleistet werden, Zusatz von Titaneisen oder einem Gemenge von Titanoxyd und Aluminium zum flüssigen Gußeisen lassen jedoch in den meisten Fällen einen blasenfreien Guß erreichen.

Besonders für schwierige hohle Gußstücke bildet Gußeisen ein fast unerseßliches Material, während es für solche Teile, die im Betriebe Stöße auszuhalten haben, stets als ein unzuverlässiges Material betrachtet werden muß.

Die Bearbeitung durch schneidende Werkzeuge kann trocken erfolgen, da die sich bildenden Späne ziemlich mürbe sind.

Reparaturen an gebrochenen Gußeisenteilen sind, außer durch das alumin-thermische oder Thermit-schweißverfahren, wenig zuverlässig.

d) Schmiedbarer oder Temperguß entsteht durch längeres Glühen, 4—6 Tage, von Gußstücken mit geringem Mangan- und Siliziumgehalt in Glühtiegeln mit sauerstoffhaltigen Eisenerzen in besonderen Muffeln, Glüh- oder Tiegelöfen, wobei der Kohlenstoffgehalt stark vermindert wird. Die Zusammensetzung eines geeigneten, für Temperguß möglichst weißen Gußeisens soll sich in folgenden Grenzen bewegen: Kieselsäure 0,35—1%, Phosphor unter 0,225%, Mangan unter 0,20%, Schwefel unter 0,05% und Gesamtkohlenstoff 2,75—4,15%. Je dicker die Gußstücke sind, um so geringer soll der Kieselsäuregehalt sein, und nur bei ganz dünnen Stücken darf er 1% betragen.

Temperguß hat eine bedeutend höhere Festigkeit, 3200 bis 3600 kg/qcm, als Gußeisen, bis nahezu der doppelten desselben, ist hämmerbar, schmiedbar und läßt sich äußerlich härten.

Die Hauptverwendung findet schmiedbarer Guß für Maschinenartikel von kleinerem Gewicht, Hebeln, Gestängeteilen usw.

Für größere Teile, wie Kettenrollen, Zahnstangen usw., bei denen das Tempern in Glühöfen vorgenommen werden muß, ist vielfach Stahlguß an Stelle des Tempergußes getreten.

4. Stahlguß

(Stahlformguß) wird durch Zusatz von Stahlabfällen (Schrott) zum reinen Roh- oder Gußeisen erzeugt oder es wird Flußeisen dafür verwendet.

a) Der Stahlformguß wird heute im Tiegelofen, im Kleinkonverter, im sauren oder basischen Martinofen oder im Elektroofen hergestellt. Der im Tiegelofen gewonnene Stahl-

formguß ergibt das beste Material. Im Martinofen läßt sich Stahlformguß von den kleinsten bis zu den größten Gewichten darstellen. Im Elektrostahlöfen, der ein bequemes Zuführen der gewünschten Zusätze und Beseitigung der schädlichen Bestandteile gestattet, lassen sich wegen der hohen erreichbaren Temperaturen die kleinsten und leichtesten Stahlgußformstücke erzeugen, für ganz schwere Stücke kommt hauptsächlich der Martinofen in Betracht, da die größten Elektrostahlöfen bis jetzt nur 5000 kg Fassungsvermögen besitzen. Der große Vorteil in der Verwendung des Elektrostahlöfens liegt darin, daß das Stahlmaterial nicht den schädlichen Einflüssen ausgesetzt ist, die von Heizgasen herrühren und daß in ihm auch aus minderwertigem Einsatzmaterial ein dem Tiegelstahl fast gleichwertiger Stahlformguß erzeugt werden kann, dessen Gleichmäßigkeit und Dichtigkeit gestattet, schwierige, kleine und dünnwandige Gußstücke herzustellen. Da Bronze bei hohen Temperaturen leicht brüchig wird, so stellt man heute fast alle Ventilgehäuse für hohen Druck aus Stahlformguß her, Dampfturbinengehäuse bis zu den größten Durchmessern, sowie die Laufräderscheiben lassen sich heute in Formguß blasenfrei erzeugen. Vanadium steigert die Elastizitätsgrenze nahezu um 30%, so daß sich Stahlformguß mit Vanadiumzusatz sehr für Materialien mit wechselnder Beanspruchung eignet.

Die Festigkeit von Stahlformguß läßt sich durch Überschmieden noch erhöhen.

b) Mitisguß, auch Weichguß genannt, wird durch Umschmelzen von Schweißisenabfällen, manchmal unter Zusatz von Aluminium, in Tiegelöfen hergestellt, die oft Petroleumfeuerung besitzen. Das Material ist wie Schweißisen schmiedbar und schweißbar, gibt beim Gießen sehr scharfe Formen und erreicht nahezu die Festigkeit des Stahls. Ausgedehnterer Anwendung steht in vielen Fällen der hohe Preis entgegen.

5. Schmiedbares Eisen.

Schmiedbares Eisen, zur Weißglut erhitzt, weist nur Härtungskohle auf. In festem Zustande erscheinen andere Kohlenstoffabarten, Graphit entsteht jedoch niemals. Bei langsamer Abkühlung des schmiedbaren Eisens verbindet sich ein Teil der Härtungskohle bei etwa 680°C mit dem Eisen als Karbid (Fe_3C) und wird Karbidkohle genannt.

Schmiedbares Eisen zerfällt in zwei Hauptgruppen, Schweiß Eisen bzw. Schweißstahl und Flußeisen bzw. Flußstahl.

Unter Schweiß Eisen bzw. Schweißstahl ist alles schmiedbare Eisen zu verstehen, das aus dem teigigen, nicht völlig flüssigen Zustande gewonnen wurde, also schlackenhaltig ist. Nach dem Kohlenstoffgehalt oder den sonstigen physikalischen Eigenschaften wird es als Schweiß Eisen oder Schweißstahl bezeichnet.

Unter Flußeisen bzw. Flußstahl ist alles schmiedbare Eisen zu verstehen, das im tropfbar flüssigen Zustande durch Entkohlung von Roheisen entweder in Birnen mit saurem oder solchen mit basischem Futter oder in flachen Herdöfen mit Schrotzusatz gewonnen wurde, also schlackenfrei ist. Auch dieses wird aus denselben Gründen wie Schweiß Eisen in Flußeisen und Flußstahl unterschieden.

Schweiß- und Flußeisen führen den gemeinsamen Namen Schmiedeeisen.

Es ist in der Praxis üblich, die Güte des Eisens nach dem Aussehen der Bruchfläche zu beurteilen, und obgleich dies Verfahren sehr unzuverlässig ist, da durch ungeeignete Behandlung und Beanspruchung selbst gutes Eisen ein ungleichförmiges Gefüge erhält, so läßt doch gewöhnlich ein gleichmäßiger, glänzender und frischer Bruch mit einem feinkörnigen, grauweißen oder sehnigen bläulichen Gefüge ein gutes schmiedbares Eisen erwarten.

Je kohlenstoffreicher ein Schmiedeeisen ist, desto feinkörniger ist auch sein Gefüge und um so größer auch meist

seine Härte. Kohlenstoffarmes Eisen zeigt meist langsehniges Gefüge und ist zäh, während kurzsehniges Eisen in den meisten Fällen als minderwertig betrachtet werden kann, da es oft Schwefel oder andere Beimengungen enthält. Grobkörniges Gefüge deutet oft auf Phosphorgehalt, der eine Faserbildung und Zähigkeit vermindert. Grobkörnige und sehr unregelmäßige Bruchflächen lassen auf sprödes und zum Bruche geneigtes Eisen schließen.

a) **Schweißeisen** besitzt im allgemeinen ein gröberes, sehnigeres Gefüge als Flußeisen. Holzkohlen- und Feinkorneisen nehmen unter den Schweißeisensorten den ersten Platz ein. Besonders Feinkorneisen findet im Maschinenbau ausgedehnte Anwendung für Zapfen, Wellen, Pleuellstangen, Bolzen usw., da es fast als eine untere Stufe des Stahls angesehen werden kann.

Schweißeisen läßt sich durch längeres Glühen mit kohlenstoffhaltigen Körpern (Zementieren) äußerlich verstärken.

Der Schmelzpunkt von Schweißeisen liegt zwischen 1500 und 1600° C, es behält noch unterhalb seines Schmelzpunktes innerhalb ziemlich weiter Grenzen große Formbarkeit und läßt sich dann leicht schweißen.

Die Frischprozesse für die Herstellung des Schweißeisens befinden sich heute im Aussterben, geübt wird nur noch der Buddelprozeß in größerem Maßstabe.

b) **Flußeisen** wird heute hergestellt als Tiegelflußeisen (Mitisguß, s. S. 17), als Bessemerflußeisen, Thomaseisen, saures und basisches Martineisen und Elektroflußeisen. Im Gegensatz zum wenig härtbaren Schweißeisen ist es gar nicht härtbar, dagegen schmied- und schweißbar wie dieses. Flußeisen hat das Schweißeisen fast völlig verdrängt, sein Schmelzpunkt liegt bei 1350 bis 1450° C, der Bruch ist sehr feinkörnig und hellgrau. Außer als Ersatz des Schweißeisens wird das flüssige Material direkt zum fertigen Erzeugniß in Formen gegossen. Das Bessemer- oder saure Verfahren, in Birnen

mit Kieselsäurereicher Ausfütterung ausgeführt, verarbeitet siliziumreiches Roheisen, das entweder dem Hochofen entnommen oder vorher im Kupolofen umgeschmolzen wurde. Durch das flüssige Eisen wird durch Öffnungen im Boden der Birne Luft gepreßt, wodurch das Roheisen bis zu einem gewissen Grade entkohlt wird.

Bei dem basischen oder Thomas-Verfahren, fast ausschließlich in Deutschland geübt, wird phosphorhaltiges, siliziumarmes Roheisen bei Anwendung einer basischen Ausfütterung in der Birne entkohlt und der Phosphor ausgeschieden. Für die Herstellung des Thomas-Flußeisens spielt Ferromangan aus dem Kaukasus vielfach durch Spiegeleisen, festen Kohlenstoff in Form von Koks-pulver, Koksbricketts ersetzt, eine wichtige Rolle.

Das Ferromangan mit hohem Mangan-, aber geringem Silizium- und Phosphorgehalt, entzieht durch das Mangan dem Stahlbade den Sauerstoff, reinigt es und der Überschuß von Mangan legiert sich mit dem Eisen.

Bei beiden Herstellungsarten wird das Eisen in der Regel völlig entkohlt und ein bestimmter Kohlenstoffgehalt durch nachträgliches Hinzufügen von Kohlenstoff, meist durch reines Roheisen, erzielt.

Beim Bessemer-Verfahren dient Spiegeleisen als Zusatz, bei sehr weichen Eisensorten Eisenmangan, beim Thomas-Verfahren Spiegeleisen oder fester Kohlenstoff in Form von Pulver oder Ziegeln von gemahlenem mit Kalk gebundenen Koks.

Das Herdflußeisen (Siemens-Martin-Eisen) wird auf dem Herde eines mit Regenerativfeuerung versehenen Flammofens durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Erz oder von Roheisen und Abfällen von Schmiedeeisen und Stahl, oder auch von Roheisen, Erz und Schmiedeeisen hergestellt. Je nachdem der Herd mit basischem oder Kieselsäure-

reichem Material ausgefüttert ist, erhält man basisches oder saures Herdflußeisen. Auch hier wird der Prozeß meist so weit geführt, das man ein sehr kohlenstoffarmes Flußeisen herstellt und dieses durch Zusatz von Spiegeleisen oder Eisenmangan auf einen vorgeschriebenen Kohlenstoffgehalt und bestimmten Härtegrad bringt.

Auf weitere Verfahren kann hier nicht eingegangen werden.

Die Festigkeit der Schmiedestücke hängt wesentlich von der Bearbeitung unter dem Hammer oder der Schmiedepresse ab und ebenso von der Temperatur, der es beim Ausschmieden ausgesetzt war. Die geringe Festigkeit mancher Schmiedestücke muß in vielen Fällen auf die hohen Temperaturen zurückgeführt werden, denen sie bei den verschiedenen Hizen unterworfen werden, die zum Fertigschmieden großer Schmiedestücke erforderlich sind.

c) **Stahl.** Unter Stahl versteht man ein bestimmtes schmiedbares Eisen von etwas höherem Gewicht, also größerer Dichte, dessen wertvollste Eigenschaft seine Härtbarkeit und größere Festigkeit bildet.

Bei schneller Abkühlung des Stahls findet nicht wie beim Schmiedeeisen eine Karbidbildung statt, wird aber plötzlich abgekühlter Stahl wieder geglüht, so erfolgt die Umwandlung eines Teils der Härtungskohle in Temperkohle, die im Verhalten gegen Säuren dem Graphit gleicht, nicht aber im Aussehen, da sie sich nicht kristallisiert, sondern amorph ausscheidet. In der Praxis wird häufig ein Eisen, dessen Zugfestigkeit K_z über 5000 kg/qcm liegt, als Stahl, ein solches mit geringerer Festigkeit als Schmiedeeisen bezeichnet.

α) **Schweißstahl** wird durch dieselben Verfahren gewonnen wie Schweißisen, und zwar aus Roheisen oder Schweißisen. Außerdem wird es im Buddelprozeß, aus letzterem durch Zementieren als Zementstahl erzeugt, indem Schweißisen mit kohlenstoffhaltigen Körpern längere Zeit geglüht

wird. Es schmilzt bei 1300 bis 1400° C, ist verhältnismäßig weich und zäh, Eigenschaften, die es aber verliert, wenn es plötzlich abgekühlt wird, wodurch es feinkörnig und spröde wird. Abgeschrecktes Schweisseisen nimmt jedoch beim Erwärmen seine Eigenschaften vor dem Abschrecken wieder an.

β) **Flußstahl**, auf denselben Wegen wie Flußeisen gewonnen, steht an Schweißbarkeit dem Schweißstahl nach, er schmilzt bei 1300 bis 1400° C. Flußstahl zeigt die höchste Festigkeit.

Gerbstahl heißen die besten Qualitäten von Schweißstahl, die durch weitere Verarbeitung mittels Ausschweißen hergestellt werden, obgleich in der Praxis oft guter schweißbarer Flußstahl ebenso bezeichnet wird. Es handelt sich in diesem Falle meistens um Fabrikate, die bei hoher Härte eine dem Schweißstahl fast gleiche Schweißbarkeit besitzen, also mit letzterem leicht verwechselt werden können.

Aus schweißbarem Flußstahl wird durch wiederholtes Schweißen Gerbstahl fast nie hergestellt, man findet die besten Sorten schweißbaren Flußstahls häufig mit Raffinierstahl bezeichnet.

γ) **Tiegelstahl** wird nach dem Zusammenschmelzen in Tiegeln von reinem Schmiedeeisen mit den gewünschten Zusätzen, wie Nickel, Chrom, Wolfram, Molybdän, Vanadium, hergestellt. Das blasen- und schlackenfreie Erzeugnis hat eine große Festigkeit.

6. Härten.

a) Das **Härten gußeiserner Gegenstände** geschieht dadurch, daß man sie bis zur Dunkelrotglut anwärmt und dann in Wasser abkühlt, dem man 18% seines Gewichts Schwefelsäure und 1,2% Salpetersäure zusetzt. Größere Härtegrade aber werden am besten durch Aokillenguß erzeugt.

In amerikanischen Fabriken werden nicht selten gußeiserne Werkzeuge verwendet, besonders werden hier Drehstähle oft

durch gegossene Drehmeißel ersetzt. Man erreicht die erforderliche Härte an der Schneidfläche, indem man das entsprechende Ende in kleinen, genau geformten Kofillen gießt, während der Schaft in Sand gegossen wird, also weich bleibt. Solche Meißel sollen besonders zum Schrumpfen geeignet sein, wobei die unvermeidlichen kleinen Ausbröckelungen an den Schneiden, die durch den glasharten Zustand des Gußeisens veranlaßt werden, angeblich wenig störend wirken.

Durch Nachschleifen wird allerdings die Härte wieder beseitigt.

b) Das **Härten schmiedeeiserner Gegenstände**, um einen zähen Kern und harte Oberfläche zu erhalten, erfolgt durch Kohlenstoffzuführung an der Oberfläche. Es geschieht dies durch Einsetzen der Stücke in guß- oder schmiedeeiserne Gefäße, indem man sie im erwärmten Zustande mit Holzkohle, Horn-, Leder-, Hufen- oder Knochenkohle bedeckt, sie dann einige Stunden glüht und in Wasser abkühlt. Die Härte läßt sich durch geringe Zusätze von Salz, Essig oder Urin erhöhen.

Eine oberflächliche, sehr dünn-schichtige Härtung läßt sich auch dadurch erreichen, daß man die glühenden Eisenstücke mit Blutlaugensalz oder einem anderen Härtepulver bestreut, dieses einbrennen läßt und das Stück darauf in Wasser abkühlt. Stahl mit 0,18 bis 0,25% Kohlenstoff eignet sich für diese Art Härtung am besten. Die Stärke der sich stündlich bildenden Härteschicht beträgt etwa 0,2 bis 0,3 mm. Ein Anlassen aber ist hierbei nicht möglich, da beim Anwärmen der künstlich übertragene Kohlenstoff sofort wieder frei werden würde.

7. Die Erzeugnisse des Hochofens nach ihrer Verwendung und mittleren Zusammensetzung

sind aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich, die einen Anhalt für die Bewertung gestattet.

	Silizium %	Mangan %	Phosphor %	Schwefel %	Graphit, bzw. Gesamt- kohlenstoff %
I. Gießereirohisen und Gämatt.					
1. Maschinenguß.					
a) Weiches Roheisen: Kleinere Maschinenteile, Riemenscheiben, landwirtschaftliche Maschinen usw.	2,25—3	0,8—1,25	0,5—1	unter 0,075	über 3,25
b) Mittelhartes Roheisen: Getriebe, kleinere Maschinenzylinder, Zahnräder, mittelgroße Gußstücke	1,5—2,5	0,3—0,8	0,5—0,8	" 0,08	2,25—3,25
c) Hartes Roheisen: Ventile, Kompressoren, große Gußstücke usw.	1,3—1,6	0,3—0,6	0,3—0,7	" 0,09	unter 2,25
d) Qualitätsmaschinenguß: Dampf- und Gasmotorenzylinder	1—1,4	0,75—1	0,2—0,35	" 0,075	2,9—3,2
2. Bauguß.					
a) Gewöhnliches Roheisen: für Fenster, Gitter, Säulen usw.	1,6—2,2	0,75—1,5	0,7—1,2	" 0,09	ca. 3,5
b) Sehr festes Roheisen für Träger, Stützen, Streben usw.	1—3	0,5—1	0,15—0,3	" 0,09	2,25—3,6
3. Röhrenguß.					
Guß- und Wasserleitungsröhren usw.	1,5—2,5	0,5—1	0,5—1,5	" 0,1	—
4. Feuerbeständiger Guß.					
Feuerungsteile, Ofenplatten	1—1,5	0,3—0,5	0,2—0,3	" 0,075	unter 3,5
5. Säurebeständiger Guß.					
Kessel, Pfannen usw.	1,6—2	0,4—0,6	unter 0,2	" 0,05	3—3,5

	Eisignium %	Mangan %	Phosphor %	Schwefel %	Graphit, häv. Gesamt- kohlenstoff %
6. Samatitguß. Dabei Rohreien für Gußstücke, die abwech- hend der Kälte und Hitze ausgesetzt sind, Schloßwerkstücken, Dürenstöße für Hoch- öfen usw.	1,6—3	0,6—1,2	0,06—1,2	unter 0,075	3,3—4,4
7. Hartguß. Für Walzen, Eisenbahnräder usw.	0,5—1	0,5—1,25	0,15—0,25	unter 0,1	unter 3,6
8. Temperguß	0,5—1	0,2—0,35	unter 0,1	—	2,75—3,25
II. Puddeleisen.					
Weiß	0,3—0,8	2—5	0,2—0,5	0,08—0,15	—
Grau	1,5	1—2	0,2—0,5	0,1—0,2	—
III. Bessemerstahl.					
Weiß	0,6—2	1—5	unter 0,1	unter 0,05	3,5—4,5
Grau	0,2—0,5	0,5—2	1,8—2,5	0,12	3—3,5
V. Martinroheisen.					
Weiß	0,5—0,8	2—6	unter 0,3	unter 0,1	—
Grau	1,25—1,5	1—2	0,1	unter 0,1	—
VI. Puddeleisenschweiß.					
Stahl	—	0,09	0,09	—	0,16
Stahl	0,09	0,15	0,12	0,009	0,63
Stahl	0,11	0,27	0,07	Spuren	0,94

	Silizium %	Mangan %	Phosphor %	Schwefel %	Graphit, bzw. Gesamtkohlenstoff %
VII. Bessmerstüßisen.					
Stüßisen	0,3—0,35	0,6—1	0,06—0,1	0,03—0,06	0,4—0,5
Bleche, gewöhnliche	Spuren	0,35	0,059	0,05	0,2
„ harte	0,28	1,05	0,07	0,06	0,62
VIII. Thomasstüßisen.					
Stüßisen	0,0—0,01	0,56—0,95	0,04—0,1	0,02—0,05	0,25—0,48
Bleche	0,002	0,64	0,074	0,052	0,077
IX. Martinstüßisen.					
1. Schrottschmelzverfahren.					
a) Stüßisen	0,16	0,98	0,04	0,05	0,36
b) Bleche	0,02	0,37	0,04	0,05	0,09
a) Weich	}	0,89	0,04	0,05	0,62
β) Hart					
c) Stabeisen	0,06	0,64	0,04	0,05	0,11
d) Draht	0,01	0,45	0,05	0,035	0,11
2. Roheisenstüßverfahren	0,05	0,5	0,06	0,03	0,07
3. Verbrand-Flüßprozeß	0,018	0,32	0,01	—	0,15
4. Talbotverfahren	0,018	0,47	0,021	0,05	0,16—0,21
X. Ziegelschmelzverfahren	0,2	0,2—0,3	0,008—0,03	0,03	—
XI. Erzeugnisse des Walzprozesses.					
1. Grobbleche.					
a) Feuerbleche I	0,013	0,575	0,001	0,044	0,15
„ II	0,018	0,368	0,023	0,033	0,139

	Silizium %	Mangan %	Phosphor %	Schwefel %	Graphit, bzgl. Gesamt- kohlenstoff %
1. Grobbleche (Fortsetzung).					
b) Mantelbleche I	0,094	0,2	0,083	0,04	0,283
" II	0,112	1,224	0,083	0,042	0,279
2) Mittelstahl-Platten	0,05—0,09	0,26—1,05	0,0—0,07	0—0,02	0,26—0,9
Nidelgehalt		1,75—2,67			
Chromgehalt		0—1,7			
XII. Stahlguß.					
1. Tiegelstahlguß.					
a) Gießen	0,35	0,70	—	—	1,3
b) Scheibenräder, Verzähe	0,25	0,60	—	—	0,8
c) Kleinere Maschinenteile	0,20	0,50	—	—	0,5
2. Martinstahlguß.					
a) Getriebe	0,4	1	—	—	0,4
b) Maschinenteile	0,25	0,70	—	—	0,50
3. Klein-Beisenerguß	0,2—0,3	0,3—0,5	—	—	0,2—0,3
4. Dynamostahl	0,2—0,4	0,2—0,3	Spuren	Spuren	0,1—0,15
5. Formguß für Schiffbau, Lokomo- tombau, allgemeinen Maschinenbau	0,3	0,3—0,5	—	—	0,25—0,30
6. Harter Stahlguß für Verzä- he und Zeitfeinermaschinen	0,35	bis 0,7	0,05	0,05	0,5—0,7
XIII. Temperstahlguß (schmiedbarer Guß)	0,75	0,18	0,05	0,05	0,35

8. Eisen und Stahl als Baustoffe der Elektrotechnik.

Die Eignung des Eisens und Stahls für Anker und Feld beim Bau von Dynamomaschinen und den Kernen von Transformatoren sind durch die magnetischen Eigenschaften des Materials bedingt.

a) Ein innerhalb einer von Strom durchflossenen Spule befindlicher Eisenkörper zeigt, solange der Strom fließt, magnetische Eigenschaften, und bezeichnet man die Feldstärke, d. h. die Anzahl der Kraftlinien, welche 1 qcm des

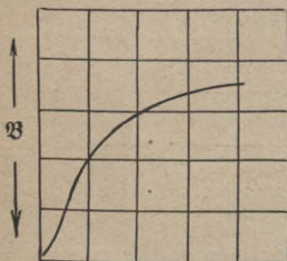


Abb. 6.

Feldes winkelrecht durchsetzen, mit H , so kann H als Maßstab für die magnetisierende Kraft genommen werden, die in dem in der Spule befindlichen Eisenkörper Magnetismus erzeugt. H ist proportional der Stromstärke und der Anzahl der Windungen der Spule, und befindet sich der Eisenkörper in der Spule, so ist die Anzahl B der Kraftlinien für 1 qcm,

die magnetische Induktion, Sättigung oder Dichte, im Eisen viel größer als die H darstellende Zahl, so daß das Verhältnis $B : H = \mu$ die verstärkende Kraft des Eisens darstellt. μ heißt die magnetische Durchlässigkeit oder Permeabilität, die für Luft gleich 1 gesetzt wird.

b) Die magnetischen Eigenschaften eines bestimmten Eisens oder Stahls lassen sich durch Auftragen von B und H , wie Abb. 6 zeigt, darstellen.

Fließt ein Strom geringer Stärke durch die Spule und ist die Feldstärke H klein, so ist es auch der Wert der Dichte B . Steigt H , so wächst auch B bis zu einem Punkt, von dem an

die Steigung verhältnismäßig klein ist, die Kurve heißt die Magnetisierungs- ($B - H$) Kurve.

Aus der Kurve läßt sich die Größe der Permeabilität verschiedener Stoffe für verschiedene Werte von H ermitteln, wobei sie mit den Werten von B schwankt.

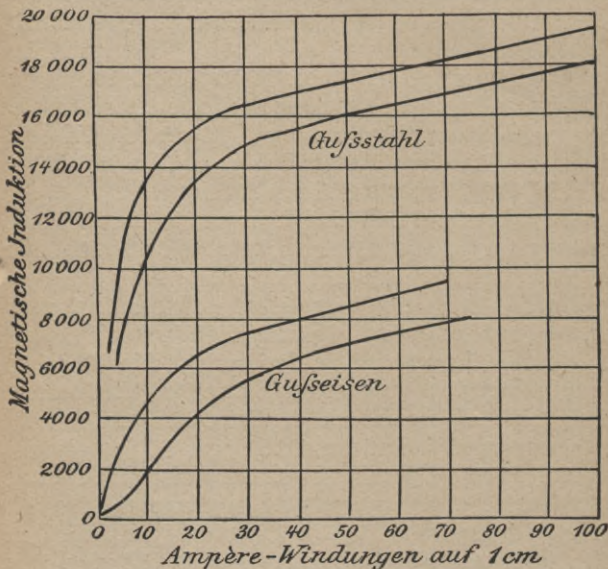


Abb. 7.

Je höher die Permeabilität und der Sättigungspunkt eines Materials liegt, desto geeigneter wird es z. B. für die Polschuhe von Dynamomaschinen und Motoren sein, weil für eine Maschine von gegebener Kraftliniendichte an Eisen und Kupfer gespart werden kann, also durch Benutzung eines

Eisens von großer Permeabilität und hochliegendem Sättigungspunkt sich auch der Wirkungsgrad erhöht.

Das zeigen die Magnetisierungslinien der Abb. 7, die die Beziehung zwischen der Kraftliniendichte B und der Feldstärke H , letztere in diesem Fall als ihr proportionale Ampere-Windungen für 1 cm Länge ausgedrückt, für ein geeignetes und ein ungeeignetes Gußeisen für Dynamogußstücke und Stahlgußmaterial zeigt.

Für Stahlguß ist der Unterschied der Werte von B für beide Probestücke, bei einer magnetisierenden Kraft von 50 Ampere-Windungen für 1 cm, etwa 6%, und das Wichtigste ist hier die Anzahl der Ampere-Windungen, die für ein gewisses B z. B. 17 000 für je 1 qcm nötig sind.

Für den geeigneten Stahlguß genügen 50 Ampere-Windungen für 1 cm, für den ungeeigneten sind 70 nötig, also ein Unterschied von 40%.

Die $B - H$ -Kurven stellen jedoch nicht alle Wirkungen dar, die durch die Änderung der magnetisierenden Kraft erzeugt werden, sondern nur die Beziehung zwischen B und H für ein Material, das zum ersten Male magnetisiert wurde. Steigert sich der Magnetismus durch eine allmählich anwachsende Erregungskraft zu einem nahe dem Sättigungspunkt liegenden Wert von B , und ermittelt man nun die Werte von B , während die Kraft wieder allmählich kleiner wird, so fällt die jetzt sich ergebende $B - H$ -Kurve nicht mit derjenigen beim Zunehmen zusammen, sie liegt, wie Abb. 8 zeigt, über ihr. Wird die magnetisierende Kraft wieder zu Null, so ist im Eisen noch ein beträchtlicher Magnetismus vorhanden, dargestellt durch die Kraftliniendichte $o a$.

Die Schwankungen der Induktionsstärken folgen demnach nicht denjenigen der magnetisierenden Kraft, sondern bleiben hinter ihr zurück, eine magnetische, Hysteresis genannte Erscheinung. Die bei umkehrender und wieder an-

steigender magnetischer Kraft nötige Menge von negativem Magnetismus, um das Eisen wieder in neutralen Zustand zu bringen, wird durch die Strecke $o c$ in Abb. 8 dargestellt.

Durchläuft \mathcal{H} einen Kreislauf, indem es nach und nach die Werte $+\mathcal{H}_{\max}$, $-\mathcal{H}_{\max}$ und $+\mathcal{H}_{\max}$ annimmt, so stellen, nach Abb. 8, die \mathcal{B} entsprechenden Kurven einen geschlossenen Linienzug dar, in dem den Werten von $+\mathcal{H}_{\max}$ und $-\mathcal{H}_{\max}$

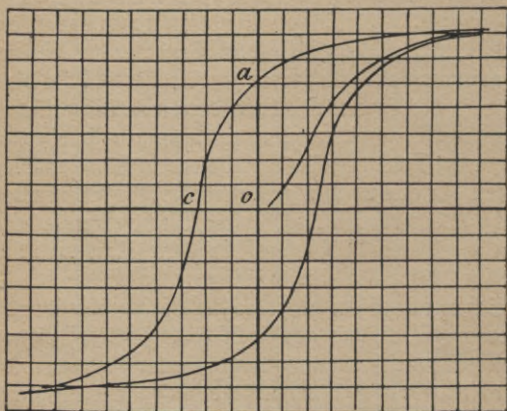


Abb. 8.

auch solche von $+\mathcal{B}_{\max}$ und $-\mathcal{B}_{\max}$ entsprechen. Die von dem Linienzug umschlossene Fläche ist ein Maß für die bei diesen Änderungen verrichtete, zur Magnetisierung des Eisens erforderliche Arbeit, wobei die für \mathcal{H} und \mathcal{B} gewählten Maßstäbe zu beachten sind.

Der Wert, der durch $o a$ dargestellt wird und bei dem der Betrag $\mathcal{H} = 0$ noch für die Intensität \mathcal{B} vorhanden ist, heißt die magnetische Remanenz, während die Größe der durch $o c$ dargestellten magnetisierenden Kraft \mathcal{B} zur Entfernung

des remanenten Magnetismus als Koerzitivkraft bezeichnet wird.

kehrt sich, wie bei der Armatur von Dynamomaschinen und Teilen von Wechselstrommaschinen, der Magnetismus periodisch um, so muß auf die Hysteresis Rücksicht genommen werden.

Außerdem kommen hierbei von der elektromagnetischen Induktion herrührende Verlustquellen in Frage, die Foucault- oder Wirbelströme. Sie durchfließen das Eisen und erzeugen beträchtliche Wärmeverluste, durch welche die sog. Wirbelstromverluste hervorgerufen werden. Da die Wirbelströme senkrecht zur Richtung der Kraftlinien fließen, so läßt sich ihr Einfluß durch Anwendung von durch Papier, Firnis o. dgl., aus voneinander isolierten Blechlamellen bestehenden Ankern vermindern. Um die Wirbelstromverluste möglichst klein zu halten, müssen die Bleche einen hohen elektrischen spezifischen Widerstand besitzen. Man wählt daher Bleche aus Eisen-Siliziumlegierung.

c) Schmiedeeisen besitzt die für Permeabilität und hohe magnetische Sättigung günstigen Eigenschaften, eignet sich aber nicht für die Herstellung komplizierter Formen und stellt sich durch die vor dem Einbau erforderliche Bearbeitung teuer.

Weicher Dynamostahl, ein Stahlformguß, ist in allen Größen und Gestaltungen herstellbar und erfordert wenig Maschinenarbeit. Magnetisch verhält er sich ähnlich wie Schmiedeeisen, ist diesem aber in seinen besseren Qualitäten überlegen und findet weitgehende Anwendung.

Gußeisen, etwa 40% billiger als Stahlformguß, besitzt eine um $\sim 60\%$ geringere Permeabilität und kommt eigentlich nur für die Joche von Dynamomaschinen in Frage.

d) Stahl muß für elektrotechnische Zwecke zwei, der Art und dem Grade nach ganz entgegengesetzten Anforderungen genügen.

α) Für Meßinstrumente verwendeter Stahl muß die Eigenschaften permanenter Magnete zeigen, d. h. hohe Hystereseis, große magnetische Remanenz, große Härte und feinen Bruch.

Die physikalische und magnetische Härte (Remanenz) stehen in enger Beziehung zueinander, so daß bei großer physikalischer Härte auch ein hoher Grad magnetischer Remanenz vorhanden sein sollte.

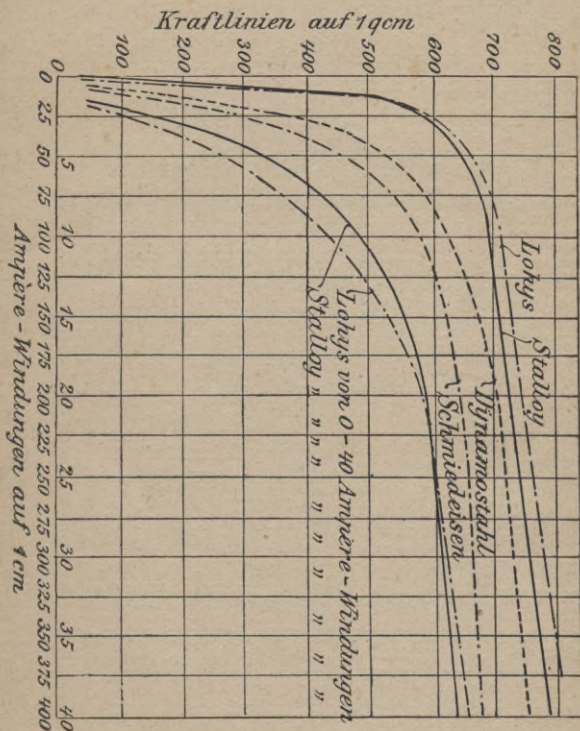
Obgleich die physikalische Härte von nur wenig Silizium und Mangan enthaltendem Kohlenstoffstahl bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,8% an, nach einem Größtwert hin wächst, liegt der Höchstwert der Remanenz schon bei $\sim 1\%$ Kohlenstoffgehalt und nimmt dann ab.

Bei sachgemäßer Härtung zeigt Stahl eine um so größere Remanenz, je feinkörniger er ist, unterhalb des kritischen Kohlenstoffgehalts von 0,8% ist jedoch eine Härtung nicht in dem entsprechenden Maße möglich, während, wenn der Kohlenstoffgehalt darüber hinausgeht, in dem Gefüge Karbide auftreten, während sich der Ferritgehalt vermindert.

β) Wolfram- und Chrom-Wolfram-Legierungen zeigen den höchsten permanenten Magnetismus, jedoch läßt ihre physikalische Härte zu wünschen übrig, so daß der Zusammenhang zwischen physikalischer und magnetischer Härte weniger ausgesprochen ist als bei Kohlenstoffstahl. Bei sachgemäßer Härtung ergibt folgende Legierung ausgezeichnete permanente Magnete: Kohlenstoff 0,62%, Wolfram 5,7%, Silizium 0,09% Mangan 0,55%.

Außer Stahlmaterial von hohem permanenten Magnetismus ist aber auch solches erforderlich, das sich rasch magnetisieren läßt, den Magnetismus aber auch so schnell als möglich wieder verliert, überall da, wo eine gleichbleibende Kraftliniendichte nötig ist, die nicht, wie z. B. in den Polschuhen von Dynamomaschinen, periodisch wechselt. Das Material

muß daher eine unveränderliche geringe Hysterisis, große Permeabilität, aber geringe Remanenz besitzen. Diesen An-



forderungen entsprechen Schmiedeeisen und weicher Stahl sehr gut, ebenso Legierungen von nicht über 0,1% Kohlenstoff enthaltendem Eisen mit 2 bis 3,5% Silizium, deren Perme-

abilität nicht viel unter der weichen Eisens liegt, deren Hysteresisverluste aber um mehr als 40% kleiner sind.

In Abb. 9 ist die Veränderlichkeit des Hysteresisverlaufs für guten Dynamo-Stahlformguß dargestellt. Da die umschlossene Fläche klein ist, liegt auch der Hysteresisverlust weit unter demjenigen des für permanente Magnete geeigneten Wolframstahls. Das Vorhandensein von Silizium wirkt dem nachteiligen Einfluß des Schwefels entgegen, und Silizium und Aluminium zusammen wirken auf die Umwandlung des gebundenen Kohlenstoffs in Graphit hin, worin wahrscheinlich der Grund für die guten magnetischen Eigenschaften liegt.

Zu den besten Siliziumstählen gehören die unter den Namen Stalloy und Vohys bekannten Legierungen, deren Magnetisierungslinien in Abb. 9 zum Vergleich für die entsprechenden Kurven für Schmiedeeisen und guten Dynamo-Stahl von 0 bis 400 Ampere-Windungen auf 1 cm eingetragen sind. Sie zeigen durch die geringeren Werte von H die Überlegenheit der Siliziumlegierungen. Der Deutlichkeit wegen stellen die beiden untersten Kurven die Werte von H von 0 bis 40 Ampere-Windungen in zehnfach vergrößertem Maßstab der Ampere-Windungen dar.

Die Stalloy genannte Legierung hat die Zusammensetzung: Eisen 96,20%, Silizium 3,40%, Mangan 0,32%, Schwefel 0,04%, Kohlenstoff 0,05%, Phosphor 0,01%.

Jedem verschiedenen periodischen Magnetisierungswechsel in der Volumeneinheit von Eisen entspricht auch ein bestimmter von Hysteresis herrührender Energieverlust, der von dem erreichten Höchstwert der Intensität B abhängt.

Der Hysteresisverlust für einen Magnetisierungszyklus beträgt für die Volumeneinheit das 0,079578fache der durch die Magnetisierungslinien eingeschlossenen Fläche.

Die elektrische Leitungsfähigkeit von Siliziumstahl ist drei bis viermal besser als die anderen Materials, so daß auch die

Wirbelstromverluste viel kleiner ausfallen. Bleche unter 0,5 mm Stärke ergeben nach dieser Richtung hin keine Vorteile mehr.

In der Abb. 10 sind die Energieverluste der Siliziumstähle Stalloy und Lohys für verschiedene Werte der Intensität B

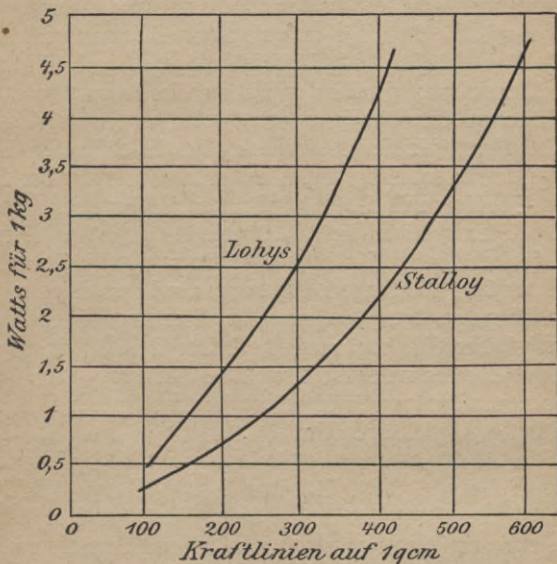
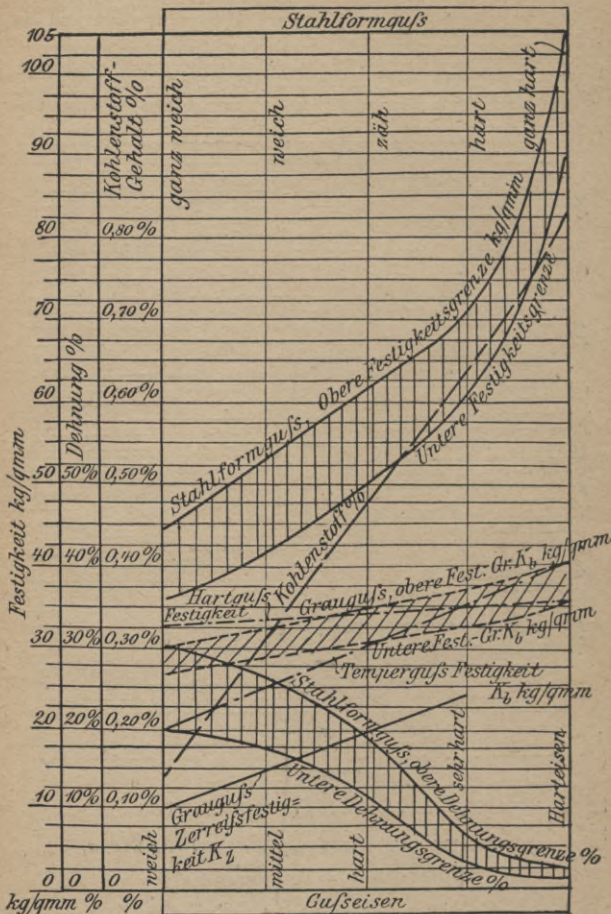


Abb. 10.

für 0,5 mm starke Platten und für 50 Wechsel in der Sekunde aufgetragen. Der gesamte Ankerverlust E_h ist proportional dem Eisenvolumen und der Anzahl ν der vollständigen Ummagnetisierungen in der Sekunde (Frequenz oder sekundlichen Periodenzahl), multipliziert mit einem Koeffizienten η , der für verschiedene Stoffe verschieden ist.



Vor der Verwendung von Siliziumstahl unterlagen z. B. Transformatorplatten starker Verschlechterung ihrer magnetischen Eigenschaften, die wahrscheinlich von Erhitzung des Eisens herrührte, wobei die Eisenverluste bei längerem Be-

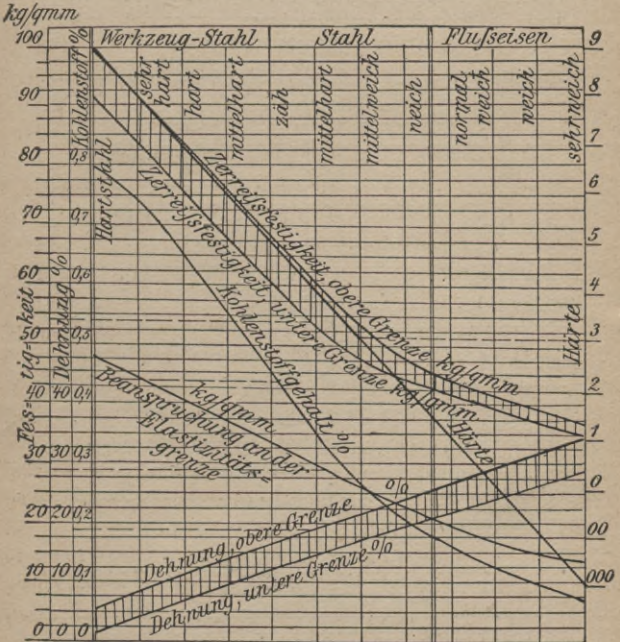


Abb. 12.

triebe zunahmen und die bei Verwendung von Siliziumstahl nicht mehr auftreten.

9. Die Festigkeitseigenschaften

der Baustoffe näher zu behandeln entspricht nicht dem Rah-

men dieses Bändchens. Zerreißfestigkeit, Härte, Dehnung, Proportionalitätsgrenze stehen im engsten Zusammenhang mit dem Gehalt an Kohlenstoff und den übrigen legierten Metallen. Dem Kohlenstoff fällt dabei die maßgebende Rolle zu. In den Abb. 11, 12 sind für Gußeisen, Stahlformguß, Flußeisen und Flußstahl die für die Festigkeitseigenschaften dieser Stoffe maßgebenden Grundlagen in ihren Hauptzügen zeichnerisch aufgetragen.

10. Kosten des Eisens und Korrosionsschutzmittel.

Die Oxidation des Eisens (Rosten), hervorgerufen durch den zusammenwirkenden Einfluß der Luftfeuchtigkeit und des Sauerstoffes der Luft, durch verdünnte Säuren, einige Salzlösungen, abirrende elektrische Ströme, läßt sich, wenn einmal begonnen, nur außerordentlich schwer bekämpfen oder beseitigen, die verschiedenen Eisensorten verhalten sich dabei sehr verschieden, so z. B. rostet Walzeisen leichter als Gußeisen. Ein Korrosionsschutzmittel, um das Weiterrosten von angerostetem Eisen zu hindern, muß so zusammengesetzt sein, daß es dem vorhandenen Rost die zu seinem Bestehen erforderlichen Bestandteile, Sauerstoff und Feuchtigkeit, nimmt und gleichzeitig den Rost so einschließt, daß er keine neuen Mengen aufnehmen kann. Gegen die verschiedenartigen Angriffe von gasförmigen und flüssigen Säuren, Witterungseinflüssen und Dämpfen kann ein und dasselbe Schutzmittel niemals widerstandsfähig sein; so ist für Eisen, das der Witterung ausgesetzt ist, ein Anstrichmittel, das recht viel Öl enthält, am geeignetsten, während für Wasser, Laugen oder Säuren ausgesetzte Teile solche Mittel besser sind, die möglichst wenig Öl enthalten. Daß eine Rostschicht das darunter liegende Eisen vor weiterem Rosten schützt, muß als irrig bezeichnet werden, vielmehr wird allmählich der ganze Querschnitt durch den Rost zerstört. Am wenigsten ist Gußeisen wegen seines Kohlenstoff-

gehalt dem Rosten ausgesetzt. Mit der größeren chemischen Reinheit des Eisens steigt auch die Rostgefahr, so daß Schweiß-eisen am stärksten rostet, besonders wenn es keine dünne, vom Walzen oder Schmieden herrührende Oxidschicht besitzt, Fluß-eisen zeigt im allgemeinen etwas größere Neigung zum Rosten als Schweiß-eisen. Stahl in gehärtetem und blankem Zustand widersteht dem Rosten ziemlich gut, ebenso angelassener Stahl.

Guß-eisenteile für Maschinen werden zwecks Rostschutz mit einer Mischung von Leinöl, Firnis und Bleiweiß, Zinkstaub oder auch Graphit gestrichen, nachdem vorher Bleimennige mit Leinölfirnis aufgebracht ist.

Wasser- und Gasleitungen aus Gußeisen, die unter der Erde liegen, werden erhitzt in heißen Asphalt oder heißen Teer getaucht oder mit einer Mischung von 8 Gewichtsteilen Teer und 2 Gewichtsteilen gepulvertem gelöschten Kalk behandelt. Ferner können für diesen Zweck Gemenge von schwerem Teeröl mit Schwefel oder Anstrich mit Terpentinöl dienen. Stahlmuffenrohre werden mit Teer oder Asphalt angestrichen und mit Streifen aus Juteleinen umwickelt.

Blanke Schmiedeeisenteile an Maschinen werden in der Regel nicht besonders geschützt, für den Transport jedoch mit in Terpentin oder Benzin gelösten mineralischen Fetten eingefettet. Für Überseetransport wird ein Schutzüberzug von Zaponlack, einer Lösung von Zelluloid, benutzt. Den Einflüssen der Atmosphäre ausgesetzte Schmiedeeisenteile aber können dauernd nur durch sorgfältig instand gehaltene Ölfarbenanstriche geschützt werden oder durch Anstriche von Portlandzement, vier bis fünfmal aufgetragen, wie es für eiserne Konstruktionssteile von Gebäuden häufig geschieht.

Gut wirkende Rostschutzmittel für Schmiedeeisen sind Überzüge von Zinn, Zink und Blei gegen Salz- und Schwefelsäure bei Blechen, Röhren usw.

Am besten hat sich nach dem oben Gesagten von allen als Anstrichmitteln dienenden Flüssigkeiten Leinölfirnis bewährt, da er seine Schichtdicke nicht durch Verflüchtigung vermindert, also keine Verminderung an Gestalt zeigt, sondern im Gegenteil durch Aufnahme von Sauerstoff eine Gewichtszunahme ergibt. Für Bleche kommen auch galvanische Kupferüberzüge und dünne, aufgeschweißte und ausgewalzte Nickelplatten zur Verwendung. Eiserner Drähte werden durch Verzinkung geschützt.

Schiffswellen erhalten Mäntel aus Hartgummi, Gewehrläufe werden durch Beizen brüniert.

Als Farben haben sich diejenigen aus Bleiweiß, Bleimennige und Eisenmennige als die besten erwiesen, letztere unter Ausschluß von Terpentineist in gekochtem Leinöl verührt, hat wohl die besten Resultate ergeben. Das Grundieren geschieht mit Bleimennige in Leinölfirnis, als Deckfarbe dient Bleiweiß, Graphit, Zinkstaub, auch Leinölfirnis.

Bewährte Rostschutzfarben ergeben z. B. 25 Gewichtsteile Leinöl mit 36 Teilen Chlorkalzium, $\frac{1}{2}$ Teil borsaures Magnesium, 1 Teil Bleizucker, 37,5 Teile Naphtha und 25 Teile künstlichem Graphit. Der Anstrich muß etwa $1\frac{3}{4}$ Stunden bei 150° C trocknen.

Farben, die, wie z. B. bei Schiffsböden, auch das Ansetzen von Tieren verhindern sollen, werden Gifte (Quecksilberoxyd u. a.) zugesetzt.

Antioxyd ist in Benzin gelöstes Guttapercha. Die Kaiserliche Marine verwendet als Rostschutzmittel eine Lösung von Kautschuk in Terpentinöl.

Eisenmennige läßt sich vorteilhaft durch Graphit mit mindestens 55% Kohlenstoff ersetzen. Zinkoxyd, Schwefelzink und das sog. Lithopon (eine Mischung von Schwefelzink und Bariumsulfat) haben sich im allgemeinen nicht bewährt.

11. Werkzeugstahl und Stahllegierungen.

a) Bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit verstand man unter „Stahl“ eine Verbindung von Eisen und Kohlenstoff, die, abgesehen von dem Vorhandensein einiger beigemengter Stoffe, außer hoher Zugfestigkeit, großer Zähigkeit und sehr gleichmäßigem Gefüge die Eigenschaft der Härte besaß.

Der Unterschied zwischen Stahl und einigen Eisensorten war dabei in vielen Fällen so gering, daß eine genauere Begriffsbestimmung der als Stahl zu bezeichnenden Eisenlegierungen sehr schwierig war und eine scharfe Grenze z. B. zwischen weichen, durch den Siemens-Martin-Prozeß erzeugten Stahlsorten und dem durch Buddeln erzeugten Schweißstahl oft nicht gezogen werden konnte, da letzteres oft einen höheren Kohlenstoffgehalt besaß als der weiche Stahl. Man pflegte daher diejenigen Eisen-Kohlenstoffverbindungen als Stahl zu bezeichnen, die nach der Erhitzung auf helle Rotglut und darauffolgender Abschreckung in Wasser einen hohen Härtegrad annahmen, dem durch Anlassen eine bestimmte und gewünschte Härte erteilt werden konnte. Für Thomas-Flußstahl überträgt sich die Härtefähigkeit im Verhältnis der Atomgewichte der Beimengungen. Diese betragen für:

Aluminium	Blei	Chrom	Eisen	Kohlenstoff	Kupfer	Mangan
27,1	207,1	52	53,84	12	63,57	54,93
Nickel	Phosphor	Schwefel	Silizium	Tantalium	Wolfram	
58,68	31	32	28,3	181,5	184	

Daraus ergibt sich, daß z. B. 12 Kohlenstoff dieselbe härtesteigernde Wirkung ausüben wie 28,3 Silizium usw. Die Glühfarben des Kohlenstoffstahls für Werkzeuge beim Schmieden, Ausglühen, Härten sind bei verschiedenem Kohlenstoffgehalt verschieden. Die entsprechenden Farben und Temperaturen sind:

Kohlenstoffgehalt %:	1,50	1,25	1,125	1	0,875	0,75
Farbe:	Kirschrot	Hellkirschrot	Rot	Hellrot	Rosa	Hellrosa
Temperatur °C:	800	825	850	875	900	950

Die Schmiedetemperatur soll, um Schmiedespannungen zu vermeiden, etwa 565°C nicht übersteigen.

Die Ermittlung des Kohlenstoffgehaltes des Stahls für die besten Härte- und Anlaßbedingungen erfolgt durch Bestimmung des kritischen Punktes, d. h. der Temperatur, bei der die Umwandlung des Kohlenstoffes vor sich geht, wozu Apparate z. B. die von Saladin und Dujardin benutzt werden. Die Härteprüfung selbst geschieht durch das Skleroskop, Zerreißmaschinen und Kugeldruckproben.

Ein sehr bequemes Mittel, um Kohlenstoffstahl von Schnellstahl zu unterscheiden, bietet die sog. Funkenprobe mittels Schmirgelscheibe.

Die Abkühlung erfolgt durch Wasser von $18\text{--}25^{\circ}\text{C}$ oder in einer Ölmenge von dem etwa zehnfachen Gewicht des Stahls, deren Temperatur dabei nicht über 100°C steigen darf.

Nach dem Kohlenstoffgehalt läßt sich härtpbarer Stahl in drei Gruppen einteilen, ungesättigter Stahl mit einem kleineren Gehalt als $0,89\%$, gesättigter mit $0,89\%$ und übersättigter mit mehr als $0,89\%$ Kohlenstoff.

Wird ein Stahl bestimmter Zusammensetzung über seine Härtungstemperatur erhitzt, so verliert er seine magnetischen Eigenschaften. Schmieden, Härten und Ausglühen bestimmen den gewünschten Härtegrad, und die dabei herbeigeführten Temperatursteigerungen und Verminderungen liegen, um gute Ergebnisse zu erzielen, innerhalb ziemlich enger Grenzen.

Wird die kritische Temperatur für einen Stahl bestimmten Kohlenstoffgehaltes überschritten, so wird sein Gefüge grobkörnig und seine Festigkeit nimmt ab.

Bei einem hochgefolgten Stahl liegt die kritische Temperatur niedriger als bei einem mit geringerem Kohlenstoffgehalt. Die richtige Härtungstemperatur eines Stahls ist durch den Dekaleszenzpunkt gekennzeichnet, der theoretisch den Punkt angibt, bei dem die Einwirkung der Wärme-

quelle beendigt sein soll; meist wählt man dafür eine etwas höher liegende, um die Ungleichförmigkeit der Erwärmung und Wärmeverluste auszugleichen. Kühlt man den Stahl dann langsam ab, so treten die bei der Erwärmung auftretenden Gefügeänderungen in umgekehrter Reihenfolge auf, jedoch wird der Zustand am Dekaleszenzpunkt nun bei einer 30 bis 100° C niedrigeren Temperatur, dem Rekaleszenzpunkt, erreicht, beim Hindurchgehen durch beide Punkte bleibt die Temperatur für gewisse Zeit unveränderlich (Haltepunkte).

Die dem Stahl verliehene Härte kann nur durch schnelle Abkühlung (Abschrecken) dauernd gemacht werden.

Bei Anwendung von Salzwasser als Kühlflüssigkeit ist die bleibende Härte größer, als wenn Wasser derselben Temperatur benutzt wird, bei Öl geringer als bei Wasser.

Seit der Entdeckung aber, daß außer dem Kohlenstoffgehalt das Vorhandensein anderer Körper dem Eisen bei richtiger Behandlung eine sehr große Härte erteilt, wurde es nötig, verschiedene Stahlorten zu unterscheiden, die meist als härtbarer Stahl (Kohlenstoffstahl), naturharter Stahl oder Selbsthärter (Mushet-Stahl) und Schnelldrehstahl unterschieden werden. Die letzteren beiden Stahlorten werden häufig unter dem Namen Stahllegierungen dem härtbaren Stahl gegenübergestellt. Je nachdem der Stahl mit 1, 2, 3 Stoffen legiert ist, bezeichnet man die Legierung als binär, ternär, quaternär.

Die Stahllegierungen werden meist nach dem Namen des Bestandteils bezeichnet, dessen Vorhandensein vorwiegend die Härte bedingt, und so unterscheidet man Vanadiumstahl, Wolframstahl usw.

b) Wie der härtbare Stahl werden die Stahllegierungen für Konstruktionsstahl, für den sie besonders geeignet sind, verwendet.

α) Nickelstahl z. B. kommt besonders für die Herstellung von Panzerplatten, Geschossen und großen Kurbelwellen, Kolbenstangen, Laufrädern für Dampfturbinen usw. in Betracht. Die Herstellung von Nickelstahl geschieht im Martinofen oder in Tiegeln. Das Nickel wird in Würfelform oder als Schnitzel von Nickelblech hinzugefügt. Je nach dem Nickelgehalt erhält das Material ganz verschiedene Eigenschaften. Sehr hoher Nickelgehalt von etwa 46% und 0,15% Kohlenstoff geben der Platinit genannten Legierung Eigenschaften, die sie als Ersatz für Platin geeignet machen.

Mit etwa 37% Nickel, Invarstahl, ist die Wärmeausdehnung sehr gering (Material für Uhrpendel), 25% Nickel ergeben eine für die Ventile von Verbrennungskraftmotoren brauchbare Legierung.

Für Maschinenteile schwankt der Gehalt zwischen 5 und 2%.

β) Für binäre Legierungen dienen außer Nickel Chrom, Wolfram, Vanadium, Mangan. Die ternären verwendeten Legierungen sind meist Chrom-Nickelstahl, Chrom-Wolframstahl, Chrom-Siliziumstahl, Mangan-Siliziumstahl, quaternärer Chrom-Nickel-Vanadiumstahl. Alle diese Legierungen werden je nach dem Verwendungszweck roh, geglüht, in Wasser-, Öl- oder Lufthärtung geliefert. Aus Chromstahl mit 1% Kohlenstoff, 1,5% Chrom z. B. Kugeln für Kugellager, aus Wolframstahl, 0,6% Kohlenstoff, 2% Wolfram, Gewehrläufe. Für Kraftwagenteile, Panzerplatten, Panzergranaten spielt der sehr feste Chrom-Nickelstahl eine große Rolle. Man verwendet folgende Legierungen für:

	Kohlenstoff	Chrom	Nickel
	%	%	%
Kraftwagen . . .	0,3	0,4	2,7
Panzerplatten . .	0,3	0,6	2,5
Panzergranaten .	0,6	1	2

Der sog. Allevard = Stahl ist eine Legierung von 0,6% Kohlenstoff und 5% Wolfram, oder 1,1% Kohlenstoff und 3% Wolfram. Für Dauer magnete wird vielfach Chrom-Wolframstahl benutzt.

γ) Andere Legierungen dienen, wie in der Automobilindustrie, für sehr stark beanspruchte Maschinenteile, denselben Zwecken dient Chrom-Nickelstahl, der außerordentlich widerstandsfähig gegen Stoßbeanspruchungen ist und die höchste Festigkeit besitzt.

c) Werkzeugstahl. α) Härtbarer Stahl (Kohlenstoffstahl), wie er für die Werkzeuge verwendet wird, enthält außer Eisen und 1,5 bis 2,2% Kohlenstoff, der nach der Lufthärtung auf 620° C angelassen werden muß, stets noch andere Elemente, wenn auch nur in sehr geringen Mengen, die zum Teil, wie Silizium und Mangan, für die Verarbeitung des Stahls durch Schmieden, Schmelzen usw. von günstigem Einfluß sind; beide Elemente wirken auf eine Verminderung unganzer Stellen im Stahl hin. Für die Verwendung als Werkzeugstahl hat Silizium in den meist vorhandenen Größen der Beimengung keinen wesentlichen Einfluß, für andere Zwecke aber erzeugt es, in Mengen von 3 bis 4% vorhanden, Sprödigkeit und Rotbrüchigkeit. Mangan wiederum verhindert Rotbrüchigkeit, befördert gleichmäßige und feinere Struktur, erhöht die Leichtflüssigkeit geschmolzenen Stahls und erleichtert die Bearbeitung beim Walzprozeß und beim Schmieden. Überschuß von Mangan aber macht den Stahl kaltbrüchig und erzeugt beim Härten leicht Risse. Phosphor und Schwefel dagegen sind unter allen Umständen schädlich und machen den Stahl für Werkzeuge unbrauchbar, wenn sie in größeren Mengen als 0,02% vorhanden sind, bei einigen Sorten naturharten Stahls jedoch beträgt ihre Menge bis 0,05%.

Die Zusammensetzung von Drehbankstählen aus härtbarem Stahl zeigt die folgende Zusammenstellung.

	Eisen	Mangan	Eisenzium	Schwefel	Phosphor	Kohlenstoff	Wolfram
1.	98,524	0,189	0,206	0,017	0,017	1,047	—
2.	98,350	0,156	0,232	0,006	0,016	1,240	0,079
3.	98,867	0,198	0,219	0,011	0,024	0,681	—

Kohlenstoff = Vanadiumstähle ersetzen vielfach die einfachen Kohlenstoffstähle. Ihre Leistungsfähigkeit übertrifft die letzteren um ein Vielfaches.

Das Härten des Kohlenstoffstahls erfolgt durch Erhitzen auf etwa 735°C (zwischen dunkler und heller Rirschrotglut) und darauffolgendem Abschrecken in Wasser oder Öl von der Temperatur der Luft, wobei eine völlige Veränderung der Struktur des Stahls vor sich geht. Bei Temperaturen unter 735°C ist der Stahl ungehärtet, zwischen 735°C und 820°C tritt Härtung ein und über 820°C ist der Stahl härter als bei der erstgenannten, dagegen weicher als bei der letztgenannten Temperatur und sehr zähe.

Das Enthärten (Anlassen) beginnt schon bei einer Temperatur von 200°C , und je weiter es fortschreitet, desto mehr wird der gehärtete Stahl wieder enthärtet.

Die Reihenfolge der Anlauffarben, d. h. dünner Oxidschichten, die sich während des Erwärmens des Stahls auf seiner Oberfläche bilden, ist folgende:

Hellgelb 225 bis 230°C für Werkzeuge zum Bearbeiten sehr harter Gegenstände, Prägestempel, Matrizen;

Dunkelgelb 237 bis 240°C für Bohr-, Hobel- und Drehstähle zum Bearbeiten für harte Metalle, Fräser, Metallsägen, Reibahlen;

Braunrot 242 bis 248°C für Schneidezeuge, Rasiermesser, Handhämmer;

Burpurrot 250 bis 255°C für Bohr-, Hobel- und Drehstähle für weniger harte Metalle, Meißel, Lochstempel;

Violett 262 bis 265°C für Steinbohrer, Steinmeißel, Werkzeuge für hartes Holz, Schnellhammer, Schrotmeißel;

Kornblumenblau 328 bis 332° C für Holzbearbeitungswerkzeuge;
 Hellblau für Spann- und Bandsägen, chirurgische Instrumente.

Die erforderliche Anlaßtemperatur kann man auch dadurch erhalten, daß man den Gegenstand in flüssige Metalllegierungen von entsprechendem Schmelzpunkt taucht und dann wieder abkühlt. Derartige Legierungen sind:

Für	Temperatur	Metalllegierung
Hellgelb.	225°—230° C	1 Teil Zinn, 2 Teile Blei
Dunkelgelb	237°—240° C	4 " " 9 " "
Purpurrot.	250°—255° C	1 " " 3 " "
Biolett	262°—265° C	2 " " 9 " "
Kornblumenblau .	328°—332° C	Blei.

Beim Härten und Anlassen muß der Gegenstand stets senkrecht in die Flüssigkeit getaucht werden; sind starke Querschnittsveränderungen vorhanden, so muß man das stärkste Ende zuerst eintauchen lassen, um Spannungen und Risse zu vermeiden, der letztere Zweck läßt sich auch durch Verwendung von Petroleum als Härtesflüssigkeit erreichen, wobei für guten Werkzeugstahl oft ein Anlassen nicht erforderlich ist.

β) Naturharter (Mushet-) Stahl enthält außer Kohlenstoff, Mangan, Silizium stets Beimengungen von Chrom, Molybdän, Vanadium, Wolfram usw.

Der Siliziumgehalt ist praktisch derselbe wie bei härtbarem Stahl, ebenso der Gehalt von Schwefel und Phosphor, Kohlenstoff und Mangan aber sind in größeren Mengen vorhanden, von 1,25% bis 3%.

Die Selbsthärter oder naturharten Stahlarten nehmen im Gegensatz zu härtbarem Stahl schon bei langsamem Erkalten an der Luft eine Härte an, die bei letzteren nur durch schnelles Abkühlen aus hoher Temperatur erreicht werden kann, wobei die Schneidgeschwindigkeit der aus ihnen her-

gestellten Werkzeuge gegenüber Kohlenstoffstahl erheblich gesteigert werden konnte.

Zusammensetzung einiger naturharter Stahlorten.

	Kohlenstoff	Wolfram	Molybdän	Chrom	Mangan	Silizium	Schwefel	Phosphor
1.	2,150	5,441	—	0,398	1,578	1,044	—	—
2.	1,615	—	4,580	3,430	1,650	0,285	0,016	0,027
3.	1,750	10,000	—	1,00	1,750	0,060	—	—
4.	1,812	11,580	—	2,694	2,430	0,890	0,007	0,023
5.	1,220	7,020	—	0,078	0,300	0,180	0,010	0,017
6.	1,800	10,500	—	—	1,700	0,900	0,007	0,015
7.	1,1	4,5	—	0,07	0,08	0,16	0,004	0,016
8.	1,8	7,3	4,58	1,6	1,8	0,56	0,015	0,032
9.	2,4	11,6	—	3,4	3,5	1,04	0,05	0,08

Die Ursache der Eigenschaften des naturharten Stahls ist besonders in dem Gehalt an Mangan zu suchen, dessen Einfluß auf die Härte durch Vorhandensein von Silizium, Wolfram und Kohlenstoff gesteigert wird. Bei manchen Selbsthärttern wird das Wolfram zum größten Teil durch Chrom ersetzt. Dieses Material kann hart geglüht werden und erlangt bei langsamster Abkühlung eine solche Gebrauchshärte, wie sie an anderem Stahl nur durch Härten erreicht werden kann. Bei langsamem Erkalten wird dieser Stahl um so härter und schneidhaltiger, je höherer Temperatur er vorher ausgesetzt worden war. Mit naturhartem Stahl können weiches Gußeisen mit 90%, hartes Gußeisen und weicher Stahl mit etwa 45% Mehrleistung bearbeitet werden.

γ) Schnellstahl zeigt als charakteristische Eigenschaft die sog. Rotgluthärte, er beginnt erst bei etwa 550° C weich zu werden und verliert seine gesamte Härte erst bei 700° C, manche Schnelldrehstahlorten zeigen selbst bei dieser Temperatur noch eine beträchtliche Härte. Es sind Stähle mit 0,6—0,8% Kohlenstoff, die nicht angelassen werden.

Die Beurteilung des Einflusses der verschiedenen im Stahl vorhandenen Härtungsmetalle ist sehr schwierig, da stets mehrere derselben vorhanden sind.

1. Der **Einfluß des Kohlenstoffs** auf härtbaren Stahl ist eingehend in Bändchen 113 der Sammlung Götschen behandelt. Hier genügt es zu bemerken, daß durch ihn Härte und Zerreißfestigkeit gesteigert wird und das Material bei zu hohem Kohlenstoff sehr spröde wird.

Die besten modernen Schnellstahlorten enthalten selten über 0,7% bis 0,8% Kohlenstoff, häufig viel weniger, bis 0,34% herunter, der größte Gehalt beträgt etwa 2%. Ein niedriger Kohlenstoffgehalt erleichtert die Schmiedbarkeit des Materials. Innerhalb der angeführten Grenzen für den Kohlenstoffgehalt wird die erreichbare Arbeitsgeschwindigkeit dieser Stähle wenig beeinflusst, dagegen sehr bedeutend, wie bei Kohlenstoffstahl, die Härte. Eine wesentliche Eigenschaft ist für Schnelldrehstahl diese Härte jedoch nicht, obgleich sie für die meisten Gebrauchszwecke, besonders beim Bearbeiten von Materialien von hohem Schmelzpunkt, erwünscht ist. Die kennzeichnende Eigenschaft ist vielmehr, wie schon erwähnt, die Rotgluthärte, durch welche der Stahl dem ausglühenden Einfluß der Hitze einen außerordentlich großen Widerstand entgegensetzt, wodurch seine große Schneidhaltigkeit, selbst bei stärkster Beanspruchung, begründet ist.

2. Ähnlich wie der Kohlenstoff verleiht das Vorhandensein von **Wolfram**, bei etwa 3000° C schmelzend, wenn auch in nicht so hohem Grade, Härte. Wolfram ist aber hauptsächlich die Ursache für die Eigenschaft der Rotgluthärte, wobei Wolfram bis zu 20% dem Eisen beigemengt sein kann. Ein höherer Wolframgehalt führt keine Vergrößerung der Schneidhaltigkeit herbei, vermindert aber andererseits die Eigenschaft der Rotgluthärte, also die Schneidhaltigkeit von Werkzeugen.

Nach Taylor beträgt der günstigste Gehalt an Wolfram

etwa 6,5 bis 8,7%, wobei die Gegenwart von 5% bis 6% Chrom besonders günstig wirkt.

Bei der Herstellung von Schnellstahl wird Wolfram wegen seiner Billigkeit und seines günstigen Einflusses in Verbindung mit einigen anderen Elementen bevorzugt, wenn es auch allein das Stahlmaterial nur dann sehr hart macht, wenn eine Erhitzung auf eine hohe Temperatur stattfindet, und auch dann ist durchaus nicht sicher, ob Wolfram die alleinige Ursache ist. Um Wolframstahl die Eigenschaft der Härtung aus Rotglut zu verleihen, also ihn für Schnelldrehstahl geeignet zu machen, müssen Mangan, Chrom, Nickel in bestimmten Verhältnissen in der Legierung des Eisens vorhanden sein. Die Fabrikation des Schnelldrehstahls wird um so schwieriger, je höher der Wolframgehalt ansteigt¹⁾.

Schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur entstehen zunächst ziemlich weiche Wolfram-Eisenkarbide, die erst bei hoher Temperatur sehr hart und fest werden, wobei aber die Rotgluthärte erst auftritt, wenn außer den Wolfram-Eisenkarbiden auch Karbide von Mangan und Chrom vorhanden sind. Die bestgeeigneten Ferro-Wolframe werden auf elektrischem Wege gewonnen.

3. **Molybdän** beeinflusst Schnelldrehstahl in ganz ähnlicher Weise wie Wolfram, ist aber doppelt so wirksam als dieses, da schon 4% bis 4,5% Molybdän dem Material die für Schnelldrehstahl erforderlichen Eigenschaften verleihen; jedoch hat Molybdän einen weit höheren Preis, und deshalb pflegt man das Wolfram selten völlig durch Molybdän zu ersetzen. Werkzeugstahl mit höherem Molybdängehalt zeigt häufig große Sprödigkeit und Neigung zur Rißbildung bei der Erhitzung.

4. Eines der wichtigsten Härtungsmetalle ist **Chrom**. Es

¹⁾ Aus gezogenem Wolframbraht bestehen die widerstandsfähigsten Fäden der Metallfadenslampen.

verleiht dem Stahl große Zugfestigkeit und erleichtert die Schmiedbarkeit bei sehr hohen Temperaturen. Chemisch reines Chrom ist ohne weiteres nicht geeignet, es muß vielmehr zu einem kohlenstoffarmen Ferro-Chrom umgeschmolzen werden. Bis zu 5% mit Wolfram oder Molybdän verbunden, erzeugt es ebenfalls die Eigenschaft der Härtung aus Rotglut und macht den Stahl außerordentlich zähe. Besonders wenn außerdem noch Vanadium im Material enthalten ist, wird das Material für Schnelldrehstahl sehr geeignet. Chrom übt denselben Einfluß aus wie Mangan, und Stahl mit hohem Chromgehalt zeigt Naturhärte, auch wenn der Mangangehalt sehr gering ist oder ganz fehlt. Jedoch neigt dieser Stahl leicht zum Verbrennen und muß sehr sorgfältig gehärtet werden. Werkzeugstähle mit geringem Chromgehalt sind sehr zäh und sehr geeignet für die Bearbeitung nicht zu harter Materialien. Der Chromgehalt schwankt zwischen 1,25% und 7,25%.

Stähle, die Chrom - Wolfram enthalten, lassen sich verhältnismäßig leichter behandeln und bedürfen nicht einer so genauen Spezialkenntnis und Geschicklichkeit wie viele andere Schnelldrehstahlorten. Ihr Schmelzpunkt liegt bei etwa 1375° C, eine Temperatur von 1260° C jedoch genügt, ihnen die erforderliche Härte aus Rotglut zu erteilen. Innerhalb eines Spielraumes von 100° C läßt sich die Erhitzung ohne nachteiligen Einfluß für die Eigenschaften des Schnelldrehstahls ausführen.

5. Der Einfluß des sehr harten und bei ∞ 1690° C schmelzenden **Banadiums**, das chemisch rein noch nicht hergestellt ist, auf die Eigenschaften des Stahls ist noch nicht genau bekannt, jedoch verleiht es dem Stahl, schon in Gegenwart geringer Mengen, eine bedeutende Zugfestigkeit, und bis zu 2% ermöglicht es eine gute Schmiedbarkeit, scheint jedoch dem Chrom in dieser Beziehung nicht überlegen. Wird Vanadium in geringen Mengen zu dem in Tiegelu geschmolzenen

Stahl hinzugefügt, so erhöht es die Gleichmäßigkeit des Materials. Vanadium wirkt schon in kleinen Mengen neben dem Kohlenstoffgehalt mit der größten Intensität auf die Eigenschaften des Stahls und findet daher weitgehende Anwendung für Material für Gießerei- und Schmiedezwecke. Im Lokomotivbau wird für die Rahmenteile statt Stahlformguß Vanadiumstahl benutzt, außerdem für Bandagen, Räder, Pleuelstangen, Kurbelzapfen, Kolbenstangen, Federn u. a. m.

Gußstücke enthalten 0,16 bis 0,25% Vanadium.

6. **Nickel** findet sich mit Chrom verbunden nicht sehr häufig in dem Material für Schnellstähle, häufiger in demjenigen für Gesteinsbohrer und solchem Material, das starke Stöße auszuhalten hat.

Kobalt, das dem Nickel nahe verwandt ist, vermag dem Stahl keine Naturhärte zu verleihen. Dagegen ergeben Legierungen von 65% Kobalt, 25% Chrom, denen 10% Molybdän zugesetzt ist, ein für die Drehstähle ausgezeichnetes Material.

7. **Titanium** findet sich in manchen Schnelldrehstahlorten und wird in höherem Maße bei der Herstellung anderer Stahlorten verwendet, ähnlich findet Aluminium vielfach Verwendung als Läuterungsmittel bei der Stahlherstellung, scheint aber einen Einfluß auf die selbsthärtenden Eigenschaften des Werkzeugstahls nicht zu besitzen; auch der Einfluß des Uraniums in dieser Beziehung ist nicht geklärt.

8. Über die Bedeutung des merkwürdigen Metalls **Tantalium**, Schmelzpunkt 2798°C , ist bisher wenig bekannt. Wie die meisten anderen Härtungsmetalle verbindet es sich sehr leicht mit Kohlenstoff, aber im Gegensatz zu den übrigen sind die entstehenden Karbide sehr hart.

Metallisches Tantalium, das durch abwechselndes Erhitzen und Hämmern gehärtet ist, wird kaum von einem Diamantbohrer angegriffen, zeigt aber trotzdem eine bedeutende Hä-

higkeit. Tantaliumstahl muß, da Tantalium in erhitztem Zustande eine starke Verwandtschaft zu Sauerstoff besitzt, in elektrischen Öfen erhitzt werden, um Berührung mit der Luft zu vermeiden. Tantaliumerze sind selten, und Ferro-Tantalium, die Verbindung, in der das Metall verwandt wird, ist teuer.

9. Die Bedeutung des **Mangans** für die Erzeugung von Stahl aller Art und sein besonderer Einfluß in Verbindung von Wolfram ist schon S. 50 erwähnt. Stahlarten, die Chrom oder Wolfram mit einem genügend großen Mangangehalt enthalten, zeigen auch ohne die Behandlung in hoher Temperatur Naturhärte, jedoch macht ein hoher Mangangehalt das Eisen kaltbrüchig; ein geringer Mangangehalt beeinflusst die Eigenschaft der Härtung aus Rotglut nicht. Der Mangangehalt liegt meist zwischen 0,2% und 1,2%, über 2% hinaus wird Stahl, besonders bei geringem Kohlenstoffgehalt, hart und sehr spröde.

10. Ähnlich wie Mangan spielt **Silizium** eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Schnelldrehstahl. Eine Eisen-Siliziumlegierung mit 5% bis 15% Silizium läßt sich kalt schmieden, aber nicht in Rotglut. Hoher Siliziumgehalt vergrößert zwar die Härte des Stahls, aber zugleich die Sprödigkeit. Eine merkwürdige Erscheinung ist, daß eine Legierung des Eisens mit 20% Silizium bei langsamer Abkühlung härter wird als bei plötzlicher. Enthält Schnelldrehstahl viel Silizium, so muß die Arbeitsgeschwindigkeit vermindert werden, während ein Gehalt bis zu 3,5% besonders für die Bearbeitung harter Materialien günstig wirkt. Taylor gibt 0,15% Siliziumgehalt als den günstigsten an.

11. **Schwefel** von 0,004 bis 0,05% und **Phosphor** von 0,013 bis 0,03% sind in geringen Mengen in Schnelldrehstahl stets vorhanden, und wenn ihr Einfluß auch kaum so schädlich ist wie bei härtbarem Stahl, so müssen sie doch so weit wie

irgend möglich ferngehalten werden; mehr als 0,03% Phosphor machen den Stahl völlig unbrauchbar.

Die folgende Zusammenstellung gestattet einen Vergleich der Zusammensetzung von naturhartem (Mushet-) Stahl mit Schnelldrehstählen verschiedenster Art.

Zusammensetzung verschiedener Schnellstähle.

Kohlenstoff	Wolfram	Molybdän	Chrom	Vanadium	Mangan	Eisenzium	Hersteller
0,6	4	—	3	—	0,1	1	Schöller
2	5	—	5	—	1,4	0,3	Mifinson
2,3	3,5	—	6	—	1	0,7	Jones & Colver
1	10	—	3	—	∞ 0,1	∞ 0,1	Krupp
1,2	9	—	2	—	∞ 0,1	∞ 0,1	Böhler
0,6	12	—	3	—	∞ 0,1	∞ 0,1	"
0,6	18	—	4	—	0,5	2	"
0,7	25	—	7	—	∞ 0,1	∞ 0,1	"
1,5	9	—	3	—	∞ 0,1	∞ 0,1	Boldi
0,5	17	—	5	—	0,1	2,5	Maxim
0,8	16	—	4	—	0,6	0,3	Becker
0,70	16	—	3	1,2	0,1	0,4	Robo-Superior
0,50	18	—	5	0,1	0,1	1,6	
0,60	19,65	—	4,53	0,03	0,29	0,07	
0,65	16,78	—	3,23	0,25	Spur	0,1	
0,69	16,68	—	3,25	0,64	0,2	0,22	
0,8	18,43	—	3,06	0,90	0,18	0,31	
0,52	16,95	0,37	2,77	0,83	0,12	0,16	
0,60	16	0,50	5,50	0,70	0,17	0,20	
0,71	16,72	0,20	3,24	1,16	0,25	0,45	
0,75	18	3,5	4	0,3	0,13	0,22	
1,28	24,45	7,6	7,2	0,32	0,3	1,34	

In den meisten Fällen zeigen sich die im Handel erhältlichen Marken von Schnelldrehstahl nicht zur Bearbeitung aller Materialien gleich gut geeignet, so daß ein für die Bearbeitung

harter Materialien geeigneter Stahl nicht immer zugleich für weichere passend ist.

d) Die Herstellung und Behandlung von Schnellarbeitsstahl. Die meisten Fabriken, die Schnelldrehstahl herstellen, geben dem von ihnen gelieferten Material spezielle Gebrauchsanweisungen bei, die genau innegehalten werden müssen, um brauchbares Material zu erhalten.

Die Herstellung von Schnellstahl kann sowohl in reinen Tontiegeln als auch in hoch kohlenstoffhaltigen Graphittiegeln erfolgen, auch im Martinofen läßt sich das Material herstellen.

1. Der Taylor-White-Schnellarbeitsstahl wird als sog. Neuschnelldrehstahl und rotharter Schnelldrehstahl geliefert.

Die Zusammensetzung des Materials in Prozenten zeigt folgende Tabelle.

	Vana- dium	Chrom	Mangan	Wolfram	Kohlen- stoff	Silizium
Neuschnellstahl . . .	0,29 bis 0,32	5,95 bis 5,45	0,07 bis 0,11	17,81 bis 18,19	0,682 bis 0,674	0,049 bis 0,043
Rotharter Schnellstahl	—	2	0,15	18,5	1,85	0,15

Die Herstellung des bei $\sim 1350^{\circ}$ C schmelzenden Schnellstahls vom spez. Gewicht 8,3—9,4 mit 10—25% Wolfram und einer Bruchfestigkeit von $K_z = \sim 9000$ kg/qcm geschieht durch Schmelzen in Tiegel- oder elektrischen Öfen, in denen die Verfeinerung und Legierung vorgenommen wird. Dann folgt Schmieden, hierauf wird bis auf helle Rirschglut langsam erhitzt und in stärkerem Feuer so lange fortgeföhren, bis die zum Schneiden bestimmte Seite weich zu werden beginnt, worauf Eintauchen in geschmolzenes Blei von etwa 618° C und Abkühlung erfolgt. Nachdem das Material bei etwa 800° C in Muffeln ausgeglöhht ist, wird es nach langsamer Abkühlung von der Stange abgeschnitten, vorgewärmt auf helle Rirschglut und dann schnell erhitzt, worauf es rasch

ausgeschmiedet wird, wenn die zum Schneiden bestimmte Seite weich zu werden beginnt. Material, das kein Vanadium enthält, muß in einem Bleibad von 618°C nochmal erhitzt und durch ein Preß- oder Hochdruckluftgebläse gekühlt werden.

2. Das verhältnismäßig weiche Material ist für die Bearbeitung von Gußeisen oder sehr hartem Stahl durch Verminderung des Kohlenstoffgehalts zu härten.

Wie schon oben erwähnt, ist die Beurteilung der Härte nach den Anlaßfarben nicht zulässig, da das Material seine Härte während der Abkühlung und des Schmiedens erlangt. Für die Herstellung von Werkzeugen ist das Material in ausgeglühtem Zustande zu behandeln und beim Schmieden das zu schmiedende Stück an der ausgeglühten Stange zu belassen. Bei der für das Schmieden erforderlichen Erhitzung ist Luftbewegung fernzuhalten, nur für kleine einfache Stahlformen ist offenes Feuer zulässig. Das Schmieden erfolgt am besten bei kanariengelber Farbe. Als Brennmaterial werden Koks oder Anthrazit verwendet, wobei die Koks-gase keinen oxydierenden Einfluß ausüben, selbst wenn man den Stahl lange im Feuer beläßt. Ölfeuerungen haben sich weniger bewährt, da sich keine so gleichmäßige Hitze herstellen läßt und leichter Oxidation eintritt. Gasfeuerungen werden in großem Umfange benutzt. Beim Härten muß dafür gesorgt werden, daß sich die Werkzeuge nicht untereinander und auch nicht die Wandungen des Härtungs-ofens berühren. Für das Härten ist eine langsame Erwärmung auf Rotglut und dann schnelle Hoherhitzung nötig.

Übliche Härtetemperaturen sind für:

Spiral-, Gewindebohrer, Reibahlen	$\infty 900-950^{\circ}\text{C}$
Größere Bohrer	$\infty 950-1000^{\circ}\text{C}$
Fräser	$\infty 1000-1100^{\circ}\text{C}$
Stempel	$\infty 1100-1200^{\circ}\text{C}$
Große Fräser	$\infty 1300^{\circ}\text{C}$

Sehr feine Werkzeuge, die schon vor dem Härten ihre genaue Größe erhalten, und solche, die sehr zusammengesetzte Ge-

stalt haben, die sich beim Erhitzen leicht ändert, sind in einem Muffelofen 3 bis 4 Stunden auf Weißglut zu erhitzen. Die Härthitze liegt nahe dem Schmelzpunkt, die ganze Masse muß sehr gleichmäßig erhitzt werden, besonders dürfen die scharfen Ecken nicht abschmelzen. Drehbankstähle sind nur bis zum Hals auszuglühen, andere Werkzeuge durch und durch.

Die Härte des Stahls hängt ganz wesentlich von der Schnelligkeit der Abkühlung ab, in manchen Fällen wird für das Härten die Anwendung schnellströmender kalter oder komprimierter Luft gegen die Schneide empfohlen. Billiger als Luft stellt sich die Anwendung von Öl, z. B. Fischöl, auch Petroleum und Talg werden benutzt.

Lange Werkzeuge müssen vertikal in das Öl getaucht und darin so lange belassen werden, bis man sie anfassen kann; mehrere zugleich eingetauchte Werkzeuge dürfen sich nicht gegenseitig und auch nicht die Wandung des Kühlgefäßes berühren. Wasser ist von dem Material fernzuhalten. Nach der Ölhärtung ist das Werkzeug bis auf das Schleifen, das kalt nach dem Härten oder warm nach dem Schmieden vorgenommen werden kann, fertig. Das Werkzeug soll stets so hart sein wie möglich, der Hals aber muß ausgeglüht bleiben.

Das im Luft- oder Ölbad stattfindende Anlassen erfolgt am besten bei 250 bis 260° C, für Bohrer und sonstige Werkzeuge von kleinem Durchmesser bei 350° C. Das Anlassen kann auch in einer bei 250° C schmelzenden Legierung von 13 Teilen Blei und 4 Teilen Zinn oder von 100 Teilen Blei und 1 Teil Zinn, bei 325° C schmelzend, erfolgen.

Alle Taylor-White-Schnelldrehstähle besitzen Rotgluthärte, d. h. sie behalten ihre Schneidhaltigkeit bei Erwärmungen bis zu 600° C.

Ähnliche Vorschriften gelten mit verschiedenen Abänderungen für andere Fabrikate.

II. Kupfer.

1. Kupfer findet sich mit Sauerstoff verbunden als Rotkupfererz mit 89% Kupfer, ferner als kohlen-saures Kupferoxyd unter den Namen Lasur mit 55% und Malachit mit 57% Kupfer, als basisches Kupferchlorid (Atacamit) mit 59% Kupfer, am häufigsten jedoch als Schwefelkupfer (Kupferglanz) mit 79,7% Kupfer, als Buntkupfererz (Schwefeleisen mit Schwefelkupfer) mit etwa 55,6% Kupfer. Einige Kupfererze zeigen Gehalt an Silber, das sich elektrolytisch abscheiden läßt.

Im elektrischen Lichtbogen überhitzt, verdampft Kupfer und verbrennt mit charakteristisch grüner Flamme.

Das Handelskupfer ist durch Eisen, Schwefel, Blei, Arsen usw. stark verunreinigt. Die großen Mengen Kupfer, die sich in Fabriken und Elektrizitätswerken als Drahtabschnitte, Drahtspäne, Kupferdrahtwicklungen usw. ansammeln und die außer durch Blei und Zinn nicht verunreinigt sind, lassen sich nicht selten, statt sie zu verkaufen, vorteilhafter in besonderen Raffinieröfen zu Blockkupfer verarbeiten, das zu Gießereizwecken gut verwertet werden kann.

Hammergareß, gutes, reines Kupfer hat rosenrote Farbe, ist zähe und dehnbar, es schmilzt bei 1100 bis 1200° C, oft schon bei 1054° C, hat flüssig ein spezifisches Gewicht von 8,22, gehämmert und gewalzt 8,8 bis 9,0, gegossen 8,8, elektrolytisches Kupfer 8,9 bis 8,95, die Reißfestigkeit beträgt $K_z = 2200\text{—}2700 \text{ kg/qcm}$.

Die natürliche Härte des Kupfers ist gering, Walzen und Hämmern in kaltem Zustande macht es härter und spröder, durch Ausglühen jedoch läßt sich die Sprödigkeit wieder beseitigen. Beim Glühen überzieht sich Kupfer mit einer dicken Oxidschicht, die beim Schmieden als Kupferhammerschlag abfällt. Die Oxidschicht besteht aus zwei verschiedenen Ver-

bindungen mit Sauerstoff, die eine ist dunkel gefärbt, schmilzt leicht und löst sich in dem geschmolzenen Kupfer, das dadurch brüchig wird. Wegen seiner Dickflüssigkeit und seines Aufblähens (es steigt in der Form) vor dem Erstarren ist es zur Herstellung von Gußwaren nicht geeignet, wird aber durch Zusatz von etwas Blei besser gießbar. Zu viel kohlenstoffhaltiges Kupfer (zu junges Kupfer) ist warmbrüchig, kaltbrüchiges (übergares Kupfer) ist durch Kupferoxydul verunreinigt.

Das hammergare Kupfer wird in der Regel in eisernen Formen zu Blöcken von 5 bis 6 kg Gewicht gegossen (Blockkupfer oder Schmelzkupfer), und durch Wiederholung dieses Prozesses (Raffinieren) wird das feinste Kupfer erhalten.

Rosettenkupfer ist meist rotbrüchig. Gegossenes Kupfer ist meist mehr oder weniger porös und zeigt einen körnigen und unregelmäßigen Bruch. In feuchter Luft bedeckt sich das Kupfer, wenn Kohlendioxyd zugegen ist, mit einer Schicht von basischem Kupferkarbonat. Auch Zinkchloridlösungen, Schwefelgase und Ammoniak greifen es an. Sorgloser Gebrauch der beim Löten oft gebrauchten Zinkchloridlösung hat schon oft Isolationsstörungen in elektrischen Leitungen herbeigeführt. Das Kupfer zeigt in diesem Fall meist eine grünliche Farbe.

2. Gutes Kupfer muß sich sowohl kalt wie warm leicht bearbeiten lassen, doch ist im letzteren Fall ein oft wiederholtes Ausglühen des Arbeitsstückes erforderlich, um das Metall zähe zu erhalten. Meist wird mit dem Ausglühen gleich ein Ablöschen verbunden, da hierdurch die Schlacke und der Glühspan leicht abspringen.

Gelötet wird Kupfer meist mit Schlaglot oder Hartlot, doch läßt es sich auch mit Weichlot und Lötfolben löten, aber nicht schweißen.

An Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität steht es nach dem Silber an erster Stelle.

3. a) Kupferblech, das nicht warm- noch kaltbrüchig sein darf, muß, wenn es sehr dünn ist, aus sehr reinem Kupfer bestehen. Das Blech, als gewöhnliches Kupferschieferblech oder als Maßblech geliefert, wird aus Blöcken ausgeschmiedet und dann gewalzt, dies kann kalt oder warm geschehen. Der Bruch soll faserig und von seidigem Glanz sein. Beim Kaltwalzen ist zur Erhaltung der Zähigkeit und Dehnbarkeit ein wiederholtes Ausglühen des Metalls bei $\sim 320^{\circ}$ C nötig, das bei der Bearbeitung an Härte zunimmt. Es darf keine Blasen oder schiefrige Stellen besitzen und nicht lang- oder doppelrissig sein, und beim Treiben dürfen keine Brüche entstehen. Die mittleren und schwachen Bleche dienen zur Anfertigung kupferner Behälter und Gefäße, als Dachdeckungsmaterial, zur Herstellung von Röhren, zu Schiffsbekleidungen, zur Treiarbeit als Druck- oder Glattbleche, die nach dem Kaltwalzen blank geglüht werden.

Dicke Platten, wie man sie für Feuerbüchsen von Lokomotivkesseln verwendet, werden gewalzt und gehämmert.

b) Kupferrohre werden durch Rollen über Rundeisen, hartes Verlöten und Ziehen von langen Kupferblechstreifen oder durch Hartziehen eines dickwandigen, gegossenen oder gepreßten Kupferrohres auf der Schleppziehbank, also ohne Naht, bis 350 mm Durchmesser hergestellt. In neuerer Zeit erfolgt die Herstellung vielfach nach dem Schrägwalzverfahren von Mannesmann. Gelötete Rohre sind wegen der Gefahr des Verbrennens des Kupfers an der Lötnaht nicht immer sehr zuverlässig, gezogene und gewalzte Rohre halten selbst bei hohem inneren Druck gut dicht.

c) Stangenkupfer, als Quadrat- oder Rundkupfer, wird aus den Blöcken gehämmert und dann gewalzt oder gezogen. Es wird zu Stehbolzen, Nieten usw. verarbeitet. Stangenkupfer mit kleinen Querschnittsabmessungen wird noch als Kupferdraht bezeichnet.

d) Kupferdraht wird aus gegossenen und darauf gut durchgeschmiedeten, geläuterten Barren oder aus einzelnen Kupferstreifen auf der Ziehbank weich oder hart gezogen (letzteres für Freileitungen, für Telephon- und Telegraphenleitungen dienen als Ersatz hartgezogene Bronzedrähte) und darauf auf der Drahtleier geglättet; er kommt meist ungeglüht in den Handel. Kupferdraht kommt als Leitungsmetall in erster Linie für elektrische Freileitungen in Frage. Der Widerstand soll für Draht von 1 qmm Querschnitt und 1 m Länge bei 28° C höchstens $\frac{1}{58}$ Ohm betragen.

Der zu Kupferspulen für elektrische Zwecke verarbeitete Draht muß besonders gut geglüht sein, was geübte Arbeiter schon durch das Gefühl feststellen können.

Die feinsten Kupferdrähte werden durch Diamanten, die übrigen durch Stahlstücke gezogen.

Außer als Draht wird Kupfer für elektrische Zwecke in Form von Bändern, Streifen und Stangen verwendet.

Kupfer für Bürsten wird, da es sehr biegsam und federnd sein muß, sehr dünn kaltgewalzt; für kleine Teile, Lampen-Heizungsteile usw., wird das Kupferblech gedrückt. Bei der starken Beanspruchung während dieser Bearbeitung kann nur sehr zähes und weiches Kupfer benutzt werden.

Teile für Stromwender werden hartgezogen, für Schalter werden Kupferbarren oder Streifen verwendet, die ebenfalls hartgezogen werden.

III. Blei.

1. Für die Gewinnung des Bleies aus Erzen kommen hauptsächlich Weißbleierz (kohlen-saures Blei mit 70 bis 75% Bleigehalt) und Bleiglanz (Schwefelblei) mit 80 bis 85% Bleigehalt in Frage. Beide Erze enthalten stets Beimengungen von Schwerspat, Eisen- und Kupferkies sowie Zinkblende, Bleiglanz, auch Silber.

Aus den Hüttenprozessen erhält man nie reines Blei, das gewonnene Produkt (Werkblei) muß, um Handelsblei zu ergeben, stets noch raffiniert werden.

2. Blei, das schwerste der unedlen Metalle (spezifisches Gewicht 11,3 bis 11,45), ist zugleich das weichste und sehr zäh. An der Luft und im Wasser überzieht es sich schnell mit einer schützenden Oxidschicht und schmilzt bei 325° C. Gegen chemische Einflüsse ist es sehr widerstandsfähig. Es läßt sich gießen, walzen, pressen, ziehen und schneiden.

In Regenwasser und destilliertem Wasser bilden sich bei der Fortleitung in Bleiröhren giftige Bleiverbindungen, bei kalkhaltigem Brunnenwasser tritt diese Erscheinung nicht auf.

3. Die Hauptverwendung des Bleies erfolgt heute in der elektrischen Industrie, für Bleisicherungen in Form von Streifen oder Drähten, und in der chemischen Industrie. Für die Herstellung von Platten für Akkumulatoren, Bleikammern in der chemischen Industrie spielt seine Eigenschaft, von Schwefelsäure nicht angegriffen zu werden, eine große Rolle.

Bleirohre von 3 bis 350 mm lichter Weite werden meist in Bleirohrpressen, seltener durch Ziehen von Bleiblechstreifen hergestellt. Bleirohre für Wasserleitungszwecke werden mit einem Schutzüberzug von Zinn von $\sim 1/2$ mm Stärke oder Schwefelnatrium versehen. Bleibleche für Dachdeckungen usw. werden durch Walzen gegossener Platten erzeugt, Bleifolie durch Pressen oder Hämmern. Bleidraht, der in der Elektrotechnik vielfache Anwendung findet, wird durch Pressen gegossener Bleiblöcke hergestellt.

Blei mit etwa 10 bis 25% Antimon wird als Hartblei bezeichnet und vielfach zur Herstellung von Lagerschalen, Schriftmetall, zum Untergießen der Auflager von Eisenkonstruktionen und, wenn auch seltener, zur Herstellung von Röhren für Dampfleitungen benutzt. Wegen seiner Nachgiebigkeit und Weichheit ist Blei ein beliebtes Dichtungsmittel von Rohr-

müssen und wird häufig als Unterlage zur gleichförmigen Druckverteilung zwischen unebenen gedrückten Flächen verwendet. Sein hohes spezifisches Gewicht macht Blei für die Herstellung von Geschossen der Handfeuerwaffen sehr geeignet und wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen Wasser und atmosphärische Einflüsse als Ummantelungsmaterial für Kabel, zur Bekleidung feuchter Wände und, wenn auch seltener, als Dachdeckungsmaterial.

Für billigen Kunstguß wird Blei ebenfalls vielfach verwendet, außerdem als Bestandteil vieler Lötmaterialien.

Die rotgelbe Bleiglätte (Bleioxyd) dient zur Herstellung von elektrischen Akkumulatoren.

Für manche Zwecke der chemischen Industrie werden Kupferleitungen mit einem Bleiüberzug versehen.

IV. Wismut.

Wismut, von rötlichweißer Farbe und dem spezifischen Gewicht 9,82, findet für sich allein keine Verwendung, außer in der Porzellanfarben- und Glasfabrikation. Seine Hauptbedeutung für die Technik liegt in der Anwendung für Legierungen, denen es große Leichtflüssigkeit verleiht, und in der Möglichkeit, durch Zusatz von Wismut Legierungen mit niedrigem Schmelzpunkt herzustellen (vgl. S. 96). Wismutchlorid dient manchmal dazu, Messing und Kupfer einen Wismutüberzug zu geben. Durch Legierung von Wismut, Blei und Zinn erhält man je nach Zusammensetzung ein von 96 bis 125° C schmelzbares Lot für leicht schmelzbares, bleihaltiges Zinn.

V. Antimon.

Antimon von fast silberweißer Farbe, vom spezifischen Gewicht 6,7 bis 6,8, schmilzt bei 460° C, verändert sich an der Luft nicht, ist aber sehr spröde.

Antimon ist das elektrisch negativste Element und spielt für die Herstellung von Thermosäulen eine wichtige Rolle.

Außer für Zwecke der Metallfärberei und der Herstellung von Metallüberzügen liegt die Hauptbedeutung des Antimons in seiner Verwendung zu Legierungen, um höhere Härtegrade zu erzielen (vgl. S. 91). Mit Eisenfeilspänen in Weißglut zusammengesmolzen (70% Antimon, 30% Eisen), entsteht die sog. Réaumur'sche Legierung, die so hart ist, daß sie bei Berührung mit der Feile Funken sprüht. Reines Antimon findet keine technische Verwendung.

VI. Aluminium.

1. Daß in der Natur vielfach vorkommende, in der Tonerde, dem Schmirgel, dem Korund und dem Krholith enthaltene Aluminium wird entweder auf elektrolytischem Wege aus dem Krholith oder aus dem Aluminiumsulfid gewonnen. Zu diesem Zwecke wird Tonerde mit Schwefelsäure aufgeschlossen und die aus Aluminiumsulfat bestehende Lösung eingedampft, worauf letztere in Aluminiumoxyd übergeführt wird.

2. Aluminium ist das leichteste Metall, von Farbe bläulichweiß, besitzt es gegossen das spezifische Gewicht 2,6, gewalzt 2,7; es ist härter als Zinn, aber weicher als Zink, und schmilzt bei etwa 625° C.

Kochendes Wasser greift das Aluminium mit der Zeit an, von Kalilauge und Säuren wird es gelöst, an der Luft jedoch hält es sich gut.

Das elektrische Leitungsvermögen ist ungefähr das 0,6fache des Kupfers.

Als Reinaluminium wird das Metall in der Technik nur in geringem Umfange verwendet, häufiger mit Kupfer (95% Aluminium und 5% Kupfer für Gießzwecke) oder Nickel legiert, dagegen in höherem Maße für die Herstellung feinerer

Instrumente und Meßwerkzeuge. Im Automobilbau finden sich oft die Kurbelwellengehäuse aus Aluminium hergestellt, im Luftschiffbau spielt es eine wichtige Rolle.

3. Die weitgehendste Verwendung findet das Aluminium heute im Hüttenprozeß als Raffinations- und Reduktionsmittel und in Stahlgießereien zur Erzielung dichter Güsse.

Aluminiumlegierungen s. S. 89.

Die Eigenschaft des Aluminiums, die Oxide anderer Metalle bei sehr hoher Temperatur zu Metallen zu reduzieren, ist durch Goldschmidt in Essen für eine Reihe von Prozessen ausgebildet, die in den letzten Jahren für die Reparatur beschädigter Metallteile in vielfacher Weise angewendet worden sind (alumin-thermische Schweißung).

Entzündet man ein inniges Gemisch von zerkleinertem Aluminium mit dem zu reduzierenden Metalloxyd, z. B. Eisenoxyd (Thermit), was durch Anbrennen einer leicht entzündbaren Mischung von pulverisiertem Aluminium- und Bariumsuperoxyd erreicht wird, so ermöglicht die dabei auftretende Temperatur von ca. 3000° C die Gewinnung verschiedener, nur sehr schwer darstellbarer Metalle und Metalloide, wie Chrom, Mangan, Beryllium, Bor, Selen, Tellur.

Bei sehr vielen Verfahren kommt außer der sehr hohen erzeugten Temperatur, wenn es sich um die Verschweißung von Stäben, Wellen, Trägern, Rohren und Schienen handelt, auch das aus dem Thermit ausgeschiedene Eisen zur Anwendung.

Wenn die elektrische Leitungsfähigkeit des Aluminiums auch nur etwa 59% derjenigen des Kupfers beträgt, so findet es doch als Ersatz der Kupferleitungen wegen seiner größeren Billigkeit in vielen Fällen Verwendung.

Da die Oxidhaut die Elektrizität nicht leitet, so stellt man Spulen aus blankem Aluminiumdraht her und erhitzt dann

die Spulen, so daß die einzelnen Windungen voneinander isoliert werden.

VII. Nickel.

1. Während Nickel gediegen nur im Meteoreisen vorkommt, erfolgt die Darstellung direkt nur aus arsen- und schwefelfreien Nickelerzen. Das wichtigste Erz ist das in Neufaledonien vorkommende Garnierit, Nickelsulfat, ferner findet sich Nickel häufig im Magnetkies und dem im Ural gefundenen Magnesium = Nickelsilikat.

2. Nickel besitzt fast silberweiße Farbe und hohen Glanz, schmilzt bei 1465°C , hat ein spezifisches Gewicht von 8,9 und ist, wenn es frei von Kohlenstoff ist, sehr dehnbar. In der Weißglut läßt es sich mit Eisen und Stahl zusammenschweißen, es ist sehr hart und nimmt hohe Politur an. Wegen seiner großen Dehnbarkeit läßt es sich zu feinem Draht ausziehen und zu dünnen Blechen auswalzen. Es zeigt magnetische Eigenschaften und rostet nicht.

3. Reines Nickel findet in der Technik bis jetzt weniger Anwendung, dagegen ist es ein Bestandteil vieler Legierungen (vgl. S. 88) und dient besonders als schützender und glänzender Überzug von Eisen, Stahl usw. Im Maschinenbau dient es in manchen Fällen als Ersatz für Stahl oder Eisen, z. B. für Pumpenkolben, wenn diese Materialien leicht angegriffen werden; daneben finden sich auch Ventile, Kolbenstangen aus Nickel. Mit Flußeisen legiert, erhöht Nickel dessen Festigkeit, Härte und Zähigkeit, ebenso in Sonderstählen.

Das Vernickeln erfolgt in der Weise, daß man die betreffenden Gegenstände 15 Minuten lang in eine in einem kupfernen Kessel erhitzte Chlorzinklösung taucht, der vorher Zinkstaub, Salzsäure und so viel Nickelchlorür zugesetzt wird, bis die Lösung grau gefärbt ist. Während des Eintauchens setzt man Zink in kleinen Stücken hinzu.

Nach dem Abwaschen poliert man mit Schlammkreide. Außerdem wird Vernickeln auf elektrochemischem Wege ausgeführt.

Als „Reinnickel“ bezeichnete Gebrauchsgegenstände enthalten meist noch einen Magnesiumzusatz.

VIII. Platin.

Das Platin, nahezu das schwerste Metall, vom spezifischen Gewicht 21,5 bis 21,7, von bläulichweißer Farbe und sehr starkem Metallglanz, zeigt geringere Härte als Kupfer, aber größere als Silber und schmilzt bei $\sim 1700^{\circ}$ C. Platin ist in starker Rotglut schweißbar und vor dem Knallgasgebläse schmelzbar, außerordentlich zäh und zu sehr dünnen Blechen und Drähten auswalzbar. Seine Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse und seine elektrische Leitungsfähigkeit sind die Gründe für seine Anwendungen in der Technik. In Drahtform findet es vielfache Anwendung in der Industrie elektrischer und galvanischer Instrumente, in Blechen dient es zur Herstellung von Tiegel, Retorten und Schalen für chemische Laboratorien, als Spitzen für Lötrohre und für die Herstellung von Kesseln in der Schwefelsäurefabrikation.

Eine Legierung von Platin und Iridium dient wegen ihrer Härte und Unveränderlichkeit zur Herstellung von Normalmaßstäben.

In zur Messung hoher Temperaturen bis 980° C bestimmten Pyrometern wird dieselbe Legierung benutzt, für höhere Temperaturen verwendet man vorwiegend Platin-Rhodiumlegierungen.

IX. Silber.

Das Silber verdankt seine technische Verwendung in der Elektrotechnik speziell seiner großen elektrischen Leitungsfähigkeit und seinem hochliegenden Schmelzpunkt und verdrängte

aus diesem Grunde mehr und mehr das Blei bei der Herstellung von Sicherungen für elektrische Leitungen, die, in Silberdraht hergestellt, den Vorteil gewähren, geringere Drahtquerschnitte wählen zu können. Da Silberdraht sehr rein hergestellt werden kann und sich weder durch den Einfluß von Luft noch Wasser oxydiert, so kann die erforderliche Abschmelzstromstärke weit besser als bei Bleisicherungen eingehalten werden. Dazu kommt, daß auch beim Durchbrennen der Sicherung sich kein Lichtbogen entwickeln kann, wodurch Feuergefährdung wesentlich vermindert wird, da sich beim Durchbrennen weniger Dämpfe entwickeln als bei der Benutzung von Bleisicherungen. Silber als Lot s. S. 100.

... X. Zink. ...

1. Die für die Gewinnung des Zinks in Betracht kommenden Erze sind hauptsächlich Zinkblende (Schwefelzink) mit etwa 60 bis 70% Zink, aber vielfach durch Mangan- und Eisenverbindungen verunreinigt, und der meist mit Ton gemischte Galmei (kohlen-saurer Zink) mit ungefähr 50 bis 55% Zink.

Das in Platten oder Blöcken gewonnene Zink heißt Werkzink.

2. Zink von grau- bis bläulichweißer Farbe zeigt ein grobkristallinisches Gefüge, schmilzt bei 410° bis 420° C und verdampft bei etwa 500° C.

Sein spezifisches Gewicht beträgt gegossen 6,68, gewalzt 7,13 bis 7,20. Beimengungen, schon in geringen Mengen, haben großen Einfluß auf die technischen Eigenschaften des Zink. Schon eine Verunreinigung über 0,12% Kupfer wirkt schädlich, 0,19% machen das Zink zum Walzen untauglich, ebenso wie 0,5% Cadmium. Arsenik mit 0,02% steigert die Härte, bei 0,03% aber zeigt sich große Sprödigkeit. Eine Beimengung von 0,03% Zinn macht das Material nicht mehr

walzfähig, und Blei über 1,25% wirkt sehr nachteilig. Feuchte Luft erzeugt eine dünne festhaftende und schützende Schicht von halbkohlensaurem Zinkoxyd.

•• Gegossenes Zink ist sehr dünnflüssig und füllt die Gußformen gut aus, nach dem Erkalten wird es hart und spröde, läßt sich aber, auf 100° C erhitzt, gut verarbeiten und bei 130° bis 155° C zu Blechen walzen für Dacheindeckungen, Rehlblechen usw., auch als Wellblech, und zu Drähten ziehen.

•• Bei der Verdampfung in heller Rotglut entzünden sich die Dämpfe an der Luft und verbrennen zu fein verteiltem Zinkoxyd (Zinkblumen).

•• Die Festigkeit des Zinks ist verhältnismäßig gering, für Bleche beträgt die Bruchfestigkeit quer zur Faser 2500 kg, längs der Faser 1900 kg auf ein Quadratcentimeter.

•• 3. Im Handel kommt Zink als Schmelzzink und als Zinkblech zur Verwendung.

•• Zinkdraht hat in der jüngsten Zeit besondere Bedeutung als Ersatz für Kupferdrahtleitungen gewonnen. Durch ein besonderes Veredelungsverfahren (Spritzverfahren) erhält das Material die erforderliche Biegsamkeit. Der Zinkdraht darf nicht über 100° C erwärmt werden und eignet sich, wegen mangelnder Zugfestigkeit, nicht für Freileitungen. Zinkdraht ist auch brauchbar zum Bewickeln von Dynamomaschinen und Transformatoren. Für die Berührungsstellen der Stöße von Schienen für elektrische Bahnen wird für Kupferersatz die Berührungsstelle zwischen Lasche und Schiene mit Zink abgespritzt.

•• Das Schmelzzink dient zum Verzinken von Eisenblechen und Eisendraht, Metallegierungen, galvanischen Elementen.

•• In der Maschinenindustrie kommt Zinkguß selten zur Verwendung, Zinkrohre werden aus hohlen, gegossenen Blöcken gewalzt oder aus zusammengelöteten Blechstreifen gezogen,

Zinkdraht wird aus spiralförmig geschnittenen Zinkblechstreifen gezogen.

.. Zink bildet einen wichtigen Bestandteil vieler Legierungen (vgl. S. 84) und die Basis einer Anzahl von Farben, wie das Zinkweiß (Zinkoxyd), das als Ölfarbe vielfach Verwendung findet.

.. Verkupferung dient auch wohl als Schutz gegen atmosphärische Einflüsse.

.. Eine besondere Wichtigkeit hat das Zink als Schutzüberzug von Eisenblechen.

.. Das Verzinken von Blechen erfolgt in der Weise, daß die in einem Bade von verdünnter Schwefelsäure blankgebeizten Bleche, nachdem sie in Wasser gespült und mit Sand geschleudert sind, in eine Lösung von Zinkchlorid und Salmiak getaucht, getrocknet und sodann in ein mit Salmiak bedecktes Zinkbad getaucht, langsam herausgezogen, mit Bürsten bearbeitet und mit Sägespänen getrocknet werden. Da sich die Bleche beim Verzinken leicht verziehen, so werden sie auf besonderen Blechspannmaschinen durch Walzen hindurchgeschickt.

.. Das Verzinken eiserner Gegenstände kann durch Feuerverzinkung, elektrolytische Verzinkung, durch die Schoopsche Spritzverzinkung und Trockenverzinkung von Sherard Comper-Coles erfolgen. Nach dem letzten Verfahren werden die gereinigten Gegenstände zusammen mit Zinkstaub und feinem Sand in eine verschlossene Trommel gebracht und längere Zeit auf $\sim 300^{\circ}\text{C}$ erhitzt, wobei das verdampfende Zink in die Gegenstände eindringt und eine mattgraue Oberfläche erzeugt.

.. Ein Vorteil des Verzinkens liegt darin, daß, selbst wenn sich der Zinküberzug durch Beschädigung an einzelnen Stellen ablöst, das freigelegte Eisen durch das umliegende Zink doch noch auf eine gewisse Entfernung geschützt bleibt.

XI. Zinn.

1. Die für die Gewinnung des Zinns in Betracht kommenden Erze sind vorwiegend Zinnstein, als Bergzinnerz mit 75 bis 77% Zinn, das häufig in Begleitung von Quarz auftritt, und sog. Zinnseifen, die sich in Banka, Billiton, Malakka, England (Cornwall) und Australien finden. Banka-Zinn ist das reinste Material.

Das halbfertige Fabrikat heißt Werkzinn und wird durch Umschmelzen und Raffinierung zu Feinzinn geläutert. Das Raffinieren des Zinns geschieht meist durch Seigern, wobei das flüssige Zinn auf einen mit glühenden Kohlen bedeckten, schwach geneigten Herd aufgegossen wird und das gereinigte Metall abfließt.

2. Zinn, von fast silberweißer Farbe, ist neben Blei das weichste Metall, es schmilzt bei 230°C , hat ein spezifisches Gewicht von 7,3 und zeigt sich gegen die Einflüsse der Luft sehr widerstandsfähig. Festigkeit $K_z = 300\text{--}400\text{ kg/qcm}$ und Härte sind gering, die letztere etwa gleich der des Goldes. In kaltem Zustande ist Zinn weich, dehnbar und nimmt eine schöne Politur an, büßt sie aber an der Luft schnell ein. Zusatz von Blei vergrößert seine Härte.

3. Im Handel unterscheidet man die verschiedenen Qualitäten des Zinns nach der Herkunft als Banka-Zinn (am reinsten), Billiton-, Malakka-, Matuka- und australisches Zinn, außerdem als englisches Lammzinn (nach der Handelsmarke).

Nach seiner Form wird es in Blockzinn (bis 60 kg schwer), Platten- oder Rollenzinn (5 bis 6 kg schwer), Stangen- und Körnerzinn unterschieden.

In der Technik findet Zinn hauptsächlich zu Legierungen Benutzung (vgl. S. 78). Das reine Zinn wird vorwiegend für Röhren verwendet. Gewalztes Zinn in Stärken von 0,008 bis 0,2 mm heißt Zinnfolie und dient besonders zum Verpacken und Einwickeln der verschiedensten Gegenstände.

Außerdem wird Zinn als Überzug anderer Metalle, Blei, Kupfer, Messing und Eisen, verwendet. Mit Zinn überzogene Eisenbleche (Weißbleche) sind weniger haltbar als verzinkte, da der Zinnüberzug nur so lange schützt, als das Eisen an keiner Stelle entblößt liegt.

XII. Legierungen.

1. Allgemeine Eigenschaften der Legierungen.

Die Erkenntnis, daß die meisten Metalle allein verarbeitet nicht allen Anforderungen der Technik entsprechen, führte schon früh dazu, durch Zusammenschmelzen verschiedener Metalle Metallgemische, Legierungen, herzustellen, in denen die nützlichen Eigenschaften sich gegenseitig unterstützen, die schädlichen dagegen, wenn nicht sich aufheben, so doch sich wenigstens mildern. Die Verwendbarkeit der Metalle zu den verschiedenen Zwecken des Gebrauchs hängt einerseits von den Arbeitseigenschaften ab (Schmelzbarkeit, Geschmeidigkeit, Sprödigkeit, Zähigkeit, Zerreißbarkeit, Dehnbarkeit), andererseits aber von den Gewerbeigenschaften (Preis, Glanz, Farbe, Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und chemische Einflüsse). Durch die Legierungen läßt sich eine Einwirkung auf die Arbeits- und Gewerbeigenschaften der Metalle in dem gewünschten Sinne erzielen, so daß Metalllegierungen eine viel weitergehende Verwendung finden als reine Metalle. Eine Metalllegierung ist eine Lösung zweier oder mehrerer Metalle ineinander, jedoch bilden auch Metalle mit Metalloiden und auch mit chemischen Verbindungen Legierungen.

a) Die meisten **Legierungen** bilden sich in einem breiigen Zustande, d. h. einem Gemisch fester und flüssiger Bestandteile. Meist genügt es, den Bestandteil mit niedrigerem Schmelzpunkt zu verflüssigen, auf den Schmelzpunkt der Le-

gierung zu erhitzen und die zu legierenden Metalle einzubringen. Der Charakter einer Legierung kann ein sehr verschiedener sein, und dem entspricht ein verschiedenes Verhalten in physikalischer Hinsicht, besonders in bezug auf die Schmelzbarkeit und die elektrische Leitungsfähigkeit. Fügt man einem schwerer schmelzbaren Metall ein leichter schmelzbares bei, so wird im allgemeinen der Schmelzpunkt des ersteren erniedrigt. Außerdem kann aber durch Hinzufügen eines schwerer schmelzbaren Metalls eine Herabsetzung des Schmelzpunktes des leichter schmelzbaren erzielt werden.

Über die Schmelztemperatur einer Legierung kann man im allgemeinen sagen, daß sie gewöhnlich niedriger liegt als die berechnete mittlere Schmelztemperatur ihrer Bestandteile. Erfahrungsgemäß liegt der Schmelzpunkt einer Legierung um so tiefer unter dem berechneten Durchschnittsschmelzpunkt der Bestandteile, je größer die Zahl der Bestandteile in einer Legierung ist.

Ganz gleichgültig, welches der beiden Metalle im Ueberschuß vorhanden ist, erhält man bei langsamem Abkühlen derselben schließlich unter Ausscheidung des Metallüberschusses Legierungen von konstanter chemischer Zusammensetzung, die als Ganzes erstarren und deren Schmelzpunkt unter Umständen bedeutend niedriger liegt als der Schmelzpunkt des leichter schmelzenden Metalls. Solche Legierungen nennt man eutektische Legierungen.

b) Die **Legierungsfähigkeit** der Metalle ist sehr verschieden, manche Metalle legieren sich leicht in allen Gewichtsverhältnissen, andere wieder nur in begrenzten. Einige Metalle endlich lassen sich nicht legieren oder wenigstens nur unter Anwendung ganz besonderer Hilfsmittel, wie starker Ueberhitzung oder hohen Drucks.

α) Neben der verschiedenen Schmelzbarkeit kann auch die Verschiedenheit der spezifischen Gewichte der oben erwähn-

ten Ausscheidungen Veranlassung zu Entmischungen geben, diese Entmischung nennt man Seigern. Die Neigung zum Seigern tritt bei verschiedenen Legierungen mehr oder weniger auf, und die Seigerung wird um so mehr bemerkbar, je langsamer die Erstarrung vonstatten geht; eutektische Legierungen seigern überhaupt nicht. Das Zerfallen und Entmischen einer Legierung macht sie für technische Verwendung fast immer unbrauchbar. Durch schnelles Abkühlen, durch Zusatz gewisser Metalle, mehrmaliges Umschmelzen vor dem letzten Ausgießen kann man die Neigung einer Legierung zum Seigern sehr vermindern, mitunter auch völlig beseitigen.

β) Die Einwirkung der Farbe der Metalle auf die Legierung ist sehr verschieden. Einzelne Metalle haben eine große Färbekraft und beeinflussen schon in kleinen Mengen die Färbung des Urmetalls. Am stärksten färben die Legierung Zinn, dann Nickel und Aluminium.

γ) Schließlich wird durch Legierung die Leitungsfähigkeit des reinen Metalls für Wärme und Elektrizität beeinflusst. Es gibt Legierungen, deren Leitvermögen ihrer Zusammensetzung nach dem Volumen entspricht und sich daher recht genau vorher berechnen lassen; es gibt aber auch solche, bei denen nach dem heutigen Stande der Wissenschaft alle Vermutungen zuschanden werden. Zu der ersten Klasse gehören nach den Angaben von Matthiessen alle diejenigen, die die Metalle Blei, Zinn, Cadmium und Zink miteinander bilden, zur zweiten die Legierungen, welche die Metalle Antimon, Wismut, Eisen, Aluminium, Gold, Kupfer, Silber miteinander und mit den Metallen der ersten Klasse bilden. Die Legierungen der zweiten Gruppe leiten stets schlechter, als sich nach ihrer Zusammensetzung erwarten läßt, was um so mehr zu beachten ist, als hierher gerade diejenigen Metalle gehören, die bei der Herstellung elektrischer Leitungen in Betracht kommen. So wird z. B. das Leitvermögen des besten

elektrischen Leiters, des Silbers, durch einen Zusatz von nur 2% Zinn auf weniger als ein Viertel (23%) seines ursprünglichen Wertes herabgesetzt. Messing leitet den elektrischen Strom wenig besser als reines Zink, obgleich sein Leitvermögen je nach der Zusammensetzung (es enthält 18 bis 50% Zink) mindestens doppelt so groß sein müßte. Ganz schlecht sind die Verhältnisse bei Legierungen, welche die drei besten Leiter, Silber (Leitvermögen 100), Kupfer (93) und Gold (73), miteinander bilden. Bei Silber-Kupferlegierungen sinkt die Leitfähigkeit auf 64,9, bei den Silber-Goldlegierungen gar auf 14,6.

Trotzdem eine Herabsetzung des Leitvermögens einen Verlust bedeutet, nimmt man ihn doch in den Kauf, wenn sie durch irgendwelche Vorteile ausgeglichen wird. So wird z. B. das Leitvermögen des Kupfers durch den Zusatz einer geringen Menge Silizium um ein Drittel vermindert, doch ist die dadurch erzielte Härte und Festigkeit eine so hohe, daß das Siliziumkupfer ein ausgezeichnetes Material für Telephon- und Telegraphenleitungen und namentlich für die stark beanspruchten oberirdischen Zufuhrleitungen für elektrische Straßenbahnen abgibt. In manchen Fällen ist ein geringes Leitvermögen, d. h. ein größerer Widerstand, sogar erwünscht.

In der Elektrotechnik werden zur Regulierung der Stromstärke usw. Apparate verwendet, die Rheostaten, die einen Widerstand von wechselnder Stärke in den Strom einzuschalten gestatten. Früher wurde zu diesem Zwecke hauptsächlich das auch sonst vielfach verwendete Argentan oder Neusilber (50% Kupfer, 28% Zink, 18% Nickel) benutzt. Jetzt ist dasselbe meist durch die speziell zu elektrotechnischen Zwecken hergestellten Legierungen, das Rheotan, aus Kupfer, Zink, Nickel, das Konstantan, 50% Kupfer, 50% Nickel, und Kruppin, aus Eisen und Nickel bestehend, ersetzt worden. Diese drei Legierungen leiten 18 bzw. 27 und 29 mal schlech-

ter als Silber, also bedeutend schlechter als die einfachen Metalle, mit Ausnahme des Wismuths, dessen Widerstand wohl dreimal größer ist als der des Konstantans, das aber wegen seiner Sprödigkeit nicht in Betracht kommt. Hierher gehört auch das Platinoid, 60% Kupfer, 14% Nickel, 24% Zink und 1 bis 2% Wolfram.

Die soeben erwähnten drei Legierungen besitzen außerdem noch eine für die Elektrotechnik sehr wertvolle Eigenschaft. Während sich nämlich die Leitfähigkeit und somit auch der Widerstand bei den einfachen Metallen mit der Temperatur ändert, wird er bei den erwähnten drei Legierungen von Temperaturschwankungen nur wenig beeinflusst, was sehr wichtig ist, da eine Erwärmung der Rheostaten durch den elektrischen Strom nicht verhindert werden kann.

δ) Die Zugfestigkeit eines Metalls nimmt zu, wenn es bis zu gewisser Grenze mit einem oder mehreren Metallen legiert wird, auch dann, wenn die zugesetzten Metalle eine geringere Festigkeit besitzen als das ursprüngliche Metall. Ebenso werden Metalle durch begrenzten Zusatz anderer Metalle härter. Im Gegensatz aber erleiden Metalle durch Legierung mit anderen oft Verminderung ihrer Zähigkeit und Geschmeidigkeit.

Die Legierungen, die Eisen mit anderen Elementen eingeht, sind in dem Bändchen Nr. 153 der Sammlung Göschens eingehender behandelt, ebenso die Legierungen des Stahls für technische Zwecke auf S. 42 ff., sie sollen daher an dieser Stelle übergangen werden.

2. Die Legierungen des Kupfers

finden in der Technik die weitgehendste Anwendung, die wichtigsten sind die Bronzen, das Messing und das Neusilber.

a) **Die Bronzen.** Sie sind die ältesten Legierungen und

besitzen bei höchster Haltbarkeit und schöner Farbe eine außerordentlich hohe Haltbarkeit und Formgebung.

Man unterscheidet im wesentlichen Legierungen von Kupfer mit Zinn bzw. Zink, mit Aluminium und Mangan.

α) Die Zinnbronzen erreichen bei einem Gehalt von 20% Zinn eine 3mal so große Härte als Kupfer, ihre Festigkeit erreicht bei etwa 17% Zinn die 1,3fache des Kupfers, nimmt der Zinngehalt über 17,5% zu, so nimmt die Festigkeit wieder ab. Liegt der Zinngehalt unter 5%, so läßt sich Bronze kalt strecken. Mit der Härte und Festigkeit wächst jedoch auch die Sprödigkeit, so daß 25 bis 30% Zinngehalt meist nicht überschritten wird. Zinnbronzen mit 20% Zinn schmelzen bei ca. 800° C. Legierungen mit 30% Zinn sind weiß, mit 20% gelblich, mit 10% rötlich. Zusätze von Zink vermindern die Neigung der hoch zinnhaltigen Legierungen zum Seigern, außerdem macht ein Zinkzusatz die Legierung dünnflüssiger, erniedrigt den Schmelzpunkt und vermindert die Geschmeidigkeit der Legierung weniger als Zinn. Die Güte einer Zinnbronze wird im allgemeinen durch Bleizusatz vermindert, für die Bearbeitung der Legierung mit schneidenden Werkzeugen wird trotzdem häufig etwas Blei zugesetzt.

Alle Zinnbronzen werden durch Umschmelzen dickflüssiger und spröder, also schlechter, und alle Mittel, diesen Übelstand zu beheben, haben sich als ziemlich erfolglos erwiesen, auch die Verwendung von Altkupfer für die Herstellung von Zinnbronzen macht eine Raffinierung des Kupfers erforderlich, was zweckmäßig durch Umrühren (Polen) des geschmolzenen Kupfermaterials mit frischen Birkenstangen oder anderem saftigem Holz erfolgt.

Güsse aus Zinnbronzen zeigen häufig Blasen und Poren, deren Vorhandensein meist erst zutage tritt, wenn die Bearbeitung des Gußstückes schon ziemlich weit vorgeschritten ist.

Ein geringer Zusatz von Phosphorkupfer oder Mangan-

Kupfer, der geschmolzenen Legierung im Schmelztiegel zugesetzt, vermag häufig die durch Sauerstoffaufnahme entstandenen unganzen Stellen zu beseitigen. Der für Gußstücke verwendete Formsand muß möglichst mager und porös sein, und beim Gießen ist auf gute Abführung der Gase großes Gewicht zu legen.

Die Zinnbronzen finden vorwiegende Verwendung für die Herstellung von Glocken, für Kunstbronzen und Maschinenbronzen.

1. Glockenbronze, aus 75 bis 80% Kupfer und 25 bis 20% Zinn bestehend, darf nicht spröde sein, aber muß hohe Festigkeit und Härte besitzen. Neben der Zusammensetzung der Legierung kommt für den Ton der Glocke die Stärke der Wandungen, die Größe, die Form und der Guß in Betracht.

2. Geschützbronze enthält bis 90% Kupfer, 10% Zinn, zeigt große Festigkeit und ein nur 0,75% betragendes Schwinmaß.

3. Kunstbronzen enthalten in der Regel noch Blei und Zink. Als besonders gute Zusammensetzung findet sich 95 bis 86,66% Kupfer, 10 bis 6,66% Zinn, 3,33% Zink und 3,33% Blei angegeben. Kunstbronze hat eine rötlichgelbe Färbung, die unter dem Einfluß der Atmosphäre einen warmen, braunen Ton annimmt und sich durch Bildung von basisch kohlen-sauren Verbindungen an der Oberfläche mit einem leuchtend grünen Überzuge, der Patina oder dem Edelrost, überzieht. Ein größerer Zinkzusatz erzeugt eine schmutziggrüne Patina. Die Verwendung chemischer Mittel zur Erzeugung des Edelrostes ist zwar recht häufig, vermag aber die Schönheit der natürlichen Patina nicht zu erreichen. Medaillenbronze enthält bis 2% Zinn.

	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Phosphor- Kupfer	Antimon	Mangan- kupfer	Bismut	Aluminium
Gewöhnliche Sagerstähle	83	17	—	—	—	—	—	—	—
Getriebe für Spinnereimotoren	90	10	—	—	—	—	—	—	—
Bähe Regierung für Renteile, Sähe, Stumpensplinder	88	12	3	—	—	—	—	—	—
Sehr säh Regierung für Ergatterringe	90	12	3	—	—	—	—	—	—
"	84	14	2	—	—	—	—	—	—
"	88	10	2	—	—	—	—	—	—
Dichte "Regierung" für "Rente" ober Stumpengehäuse	80	18	2	—	—	—	—	—	—
Flammröhren	86,2	10,2	3,6	—	—	—	—	—	—
Extrahiermaschinen, Renteile	86,2	11,4	2,4	—	—	—	—	—	—
Schraubennutten für große Gewinde	86	14	2	—	—	—	—	—	—
Bähe Sagermetall	82	16	2	—	—	—	—	—	—
Sager für Renteile	82	10	8	—	—	—	—	—	—
Sotomoth-Stahlsägel	84	15	1	—	—	—	—	—	—
Sager für Treibe- und Stupfmaschinen	82	18	2	—	—	—	—	—	—
Sagermetall für Eisenbahnwagen	82	18	2	—	—	—	—	—	—
Dichtungsringe für Dampfbohlen	100	3	10	—	—	—	—	—	—
Dampftrieb	82	18	2	—	—	—	—	—	—
Triebe, in die Sähe geschnitten werden	88,8	8,5	2,7	—	—	—	—	—	—
"	87,7	10,5	1,7	—	—	—	—	—	—
Regierung für feinere "Gewichte", "Masseballen", Meißenge	90	8	2	—	—	—	—	—	—
Stromabnehmerrollen	90	6	5	—	—	—	—	—	—
Marinebronze für Oelflächen	85	13	1,6	—	—	—	—	—	—
"	87	9	4	—	—	—	—	—	—
"	77	8	8	—	—	—	—	—	—
Sotomothstahlsägel	73,5	9,5	9,5	—	—	—	—	—	—
Sagermetall für Sotomothren	79	8	5	—	—	—	—	—	—
Dampftrieb	79	8	5	—	—	—	—	—	—
Goldfarbige Bronze	90	7	4	—	—	—	—	—	—
Marinebronze für Renteile	91	5,5	3	—	—	—	—	—	—
Säurebeständige Bronze	70	21	5	—	3	—	—	—	—
"	70	5	—	—	—	4	—	—	—
"	15	30	—	—	—	20	—	—	—
Radstiftmetall	15	30	—	—	—	20	—	—	—

4. In der Technik finden Zinnbronzen unter dem Namen Maschinenbronzen überall für den Ersatz des Eisens Verwendung, wo dieses durch Rost oder andere Einflüsse schnell zerstört wird oder wo man bei der gleitenden Bewegung zweier Teile die durch die Reibung herbeigeführte Abnutzung auf einen leichter zu ersetzenden Teil beschränken will. Man bezeichnet diese Maschinenbronzen auch als Rotgußbronzen, mit Bleizusatz für Lager starker Beanspruchung ist die übliche Bezeichnung Weißgußbronzen. Antimonzusatz erhält nur das Material für Lager geringerer Beanspruchung. Maschinenbronzen enthalten immer Zink, nicht immer Blei; nur wenn ein besonders hartes Material gewünscht wird, stellt man die Legierungen, die in den verschiedensten Verhältnissen erzeugt werden, zinkfrei her. Maschinenbronzen besitzen hohe Polierfähigkeit, große Leichtflüssigkeit beim Gießen und große Festigkeit und Härte, nur wenige Arten lassen sich walzen und hämmern. Die hohe Sprödigkeit läßt sich oft durch Ausglühen und Abschrecken etwas vermindern.

α) Unter Phosphorbronze versteht man Maschinenbronzen von besonders hoher Festigkeit, Zähigkeit, Dünneflüssigkeit und Härte, die sich durch Zusatz von Phosphor in Gestalt von Phosphorkupfer erreichen lassen.

Phosphorbronzen eignen sich besonders für Maschinenteile, die heftigen Stößen ausgesetzt sind, auch für elektrische Leitungen, von denen große Festigkeit gefordert wird.

Gewebe aus feinem Phosphorbronzedraht (Metalltuch) kommen im Müllereibetriebe zur Verwendung.

Weitere Phosphorbronzen führen die Handelsbezeichnungen Admosbronze, Durana-Phosphorbronze, Höpermetall, letzteres für gezogenen Draht.

β) Aluminiumbronzen sind gegen viele Salze und Säuren widerstandsfähige Legierungen aus Kupfer und Aluminium mit 80 bis 99% Kupfer und 20 bis 1% Aluminium.

Zusammensetzung einiger Phosphorbronzen.

	Kupfer	Zinn	Zinn	90% Phosphorkupfer	Antimon
Dampfschieber für Lokomotiven	77,85	11,00	7,65	3,50	—
Pleuelstangenlager	74,50	11,00	11,6	3,50	—
Wagenachsenlager	72,50	8,00	17,00	2,50	—
"	73,50	6,00	19,00	1,50	—
Kolbenstangen für hydraulische Zylinder	83,50	8,00	5,00	1,50	—
Maschinenteile	90,3	8,9	—	0,76	—
Brenner	80	3	15	0,25	—
Säurebeständige Legierung . .	70	21	—	3	4
Büchsen der Steuerungsteile von Lokomotiven	83	16	—	1	—

Die Herstellung erfolgt durch Zusammenschmelzen von möglichst reinem Kupfer mit Aluminium oder besser mit einer aluminiumreichen, in ihrer Zusammensetzung bekannten Kupferlegierung; häufig enthält die Legierung noch etwas Silizium. Die Festigkeit der Aluminiumbronze, bis 8000 kg/qcm, übertrifft die aller anderen Metalle, Stahl nicht ausgenommen, und das Material wird mit Vorteil überall da verwendet, wo Teile hohem Druck oder großer Reibung ausgesetzt sind und doch völlig bruch sicher sein müssen. Aluminiumbronzen lassen sich sehr leicht in der für jeden einzelnen Fall erforderlichen Festigkeit, Dehnbarkeit und Härte herstellen. Durch Walzen und Schmieden erhält das Material einen sehr feinkörnigen Bruch und wird bei kleinem Aluminiumgehalt sogar sehnig. Das spezifische Gewicht dieser Bronze beträgt 7,3 bis 8,4, sie läßt sich zwischen dunkler und heller Kirschrotglut ausgezeichnet schmieden, wodurch die Festigkeit gesteigert wird. Mit etwa 10% Aluminiumgehalt ist das Material so weich, daß die feinsten Formen daraus gepreßt und geschmiedet werden können. Mit 5% Aluminium kann die Bronze noch kalt gewalzt werden, wobei es aber öfteren Ausglühens und Abschreckens bedarf. Mangangehalt von 0,05 bis 5% macht diese Bronzen dichter und gibt ihnen größere Dichtig-

keit. Eine derartige Legierung besteht z. B. aus 86 bis 95% Kupfer, 6 bis 11% Aluminium, 0,05 bis 5% Mangan.

Aluminiumbronze findet im Maschinenbau weitgehende Verwendung für Zahnräder und Zahnstangen, Schnecken-, Reibungs- und andere Triebäder, ferner für Kolben, Ventile, der Abnutzung stark ausgesetzte Teile von Knet-, Meng- und Stampfmaschinen, Drahtseilen, Kollektoren von Dynamomaschinen, Feuerbüchsen für Lokomotiven, ferner für Maschinen des Berg- und Hüttenwesens, der Papierfabrikation, für chemische und Pulverfabriken, Kompressoren für schwefelige Säure usw.

Auch Röhren und Leitungsdrähte mit einem Kern aus Aluminiumbronze und einem Überzug aus reinem Kupfer, Doppelbronzedraht, stehen in vielfacher Verwendung.

Kompounddraht besteht aus einer Stahlseele von 0,66 äußerem Durchmesser und Bronzeumhüllung.

Ein Nachteil aller Aluminiumbronzen ist ihr starkes Schwinden beim Erstarren.

Im Handel unterscheidet man dies Material nach dem Aluminiumgehalt als Diamantbronze mit 10% Aluminium und 2% Silizium, Säurebronze mit 10% Aluminium, Bronze B. B. mit 8,5%, Stahlbronze mit 7,5% und Goldbronze mit 3 bis 5% Aluminium.

Die Stahlbronze von Krupp ist fest wie Stahl, für Gleitflächen eignet sich besonders die Bronze von Gautsch mit etwas Eisen.

γ) Manganbronzen, mit 5 bis 6% Mangan, eignen sich wegen der gleichmäßigen Verbindung von Kupfer und Mangan sowohl für Gußzwecke als anderweitige Verwendung. Sie sind fester und dehnungsfähiger als Kupfer-Zinnbronzen und enthalten bis 30% Mangan. Gußstücke aus Manganbronze zeigen oft poröse Stellen, die auf das Vorhandensein von Aluminiumoxyd im Guß hindeuten. Bleche aus

Manganbronze besitzen große Widerstandsfähigkeit gegen Rißbildungen, selbst wenn sie durch Drücken und Pressen in komplizierte Formen gebracht werden. Da die Legierung einen ziemlich konstanten Widerstand gegen den elektrischen Strom bei verschiedenen Temperaturen zeigt, so wird sie vielfach als Ersatz von Widerstandslegierungen wie Neusilber, Patentnickel, Rheotan und Nickelin benutzt. Eine derartige Legierung ist das aus Kupfer, Mangan und Nickel bestehende Manganin, das sich zu Draht ausziehen, schmieden und walzen läßt. Manganbronze ist wesentlich teurer als Zinnbronze (vgl. S. 78), was ihre Verwendung immerhin einschränkt. Hierher gehören z. B. das Olpea-Metall, das Spree-Metall und verschiedene Turbinenbronzen. Neuere Legierungen werden durch Zusammenschmelzen von Chromkupfer 110 Gewichtsteile, Nickel 55, Kupfer 143, Zink 44, Aluminium 11 hergestellt. Diese Chrom-Nickel-Bronzen von weißer Farbe können in vielen Fällen Manganbronze ersetzen.

d) Siliziumbronzen dienen wegen ihrer großen Festigkeit vielfach als Leitungsdrähte für weitgespannte elektrische Leitungen.

b) **Die Kupfer-Zinklegierungen.** Alle Kupfer-Zinklegierungen, die bis etwa 40 bis 45% Zink enthalten, besitzen eine schöne gelbe Farbe, über 50% Zink gibt der Legierung eine graugelbe Färbung. Zur Erhöhung der Festigkeit und Härte gibt man häufig einen Zinn- oder Aluminiumzusatz, Blei in geringen Mengen hinzugefügt, erleichtert die Bearbeitung mit schneidenden Werkzeugen. Für die Bearbeitung der Kupfer-Zinklegierungen durch Walzen, Ziehen, Hämmern, Stanzen und Pressen aber dürfen nur reine Kupfer-Zinklegierungen ohne derartige Zusätze verwendet werden.

Alle Kupfer-Zinklegierungen werden durch Zusammenschmelzen von Kupfer und Zink in Tiegelern erzeugt.

Die wichtigsten Legierungen sind Gelbguß oder Messing, Rotguß bzw. Tombak und solche Legierungen, die außer dem Eisen Mangan, Aluminium, oft auch etwas Blei enthalten.

α) Messing heißen diejenigen Legierungen von Kupfer und Zinn, die eine gelbe Farbe besitzen. Die Zusammensetzung des Handelsmessings ist sehr verschieden. Durchschnittlich enthält Messing 20 bis 40 Teile Kupfer auf 10 Teile Zinn, außerdem oft etwas Blei, das es härter und besser bearbeitbar macht. Außer durch direktes Zusammenschmelzen von Kupfer und Zinn wird auch vielfach Altmessing für die Herstellung benutzt, wobei meist Messing und Zinn zu gleichen Teilen genommen wird, indem man auf das geschmolzene Altmessing abwechselnd Zinn und Kupfer aufbringt. Messing, dessen Härte und Festigkeit im allgemeinen mit dem Zinngehalt abnimmt, hat je nach dem Zinngehalt ein spezifisches Gewicht von 8,4 bis 8,7 wenn gegossen, 8,52 bis 8,62 wenn gewalzt und 8,43 bis 8,73 wenn gezogen. Der Schmelzpunkt liegt zwischen 750 und 1000° C; Messing ist dünnflüssig, schwindet aber stark beim Erkalten.

Messing läßt sich nur kalt bearbeiten, in Rotglühhitze ist es sehr spröde. Kalt bearbeitetes Messing, z. B. hartgezogene Stangen und Drähte, reißen selbst bei nicht übermäßiger Beanspruchung oft längere Zeit nach der Herstellung. Zinnärmeres Messing zeigt diese Neigung weniger als zinnreiches, sog. Weißmessing mit 50 bis 80% Zinn. Es ist dies besonders wichtig bei der Herstellung von Patronenhülsen, die daher nur mit 28% Zinnzusatz hergestellt werden. Eine Prüfung auf Neigung zur Ribbildung geschieht, indem man das Material Ammoniakdämpfen aussetzt, die schnell Risse erzeugen, falls Neigung dazu vorhanden war.

Messinglegierungen sind z. B.:

	Kupfer	Zinn	Blei	Zinn	Nickel	Alu- minium
Messing	66,7	33	—	—	—	—
Schmiedbares Messing	60	40	—	—	—	—
Weißmessing	50—20	50—80	—	—	—	—
Marinemessing	70	29	—	1	—	—
Messing	64,8	32,8	2	0,4	—	—
Messingrohre	75	30	2	1	—	—
Dichtungsringe für Dampf- kolben	100	10	—	3	—	—
Rohr-Armaturen	75	17	3	4	—	—
Gelbmetall	75	25	—	2	—	—
Schreibmaschinenteile	57	20	—	—	20	20

Die glänzende Oberfläche der Messingwaren wird durch Beizen oder Gelbbrennen mittels Säuren erzeugt, Mattieren geschieht durch gewisse Salzlösungen. Aluminium-Messing vgl. S. 87. Messingblech wird durch Walzen aus gegossenen Messingplatten hergestellt, und zwar in kaltem Zustande. Kalt gehämmertes Messing wird sehr bald spröde und hart und macht während der Bearbeitung wiederholtes Ausglühen und Abschrecken nötig. Man unterscheidet im Handel in der Regel drei Sorten Messingblech: Rollenmessingblech (dünn), Bugmessing (mittel) und Tafelmessingblech (stark). Messingdraht wird aus gegossenen Messingblöcken ausgeschmiedet und gezogen oder auch aus längeren Messingblechstreifen auf der Schleppbank gezogen. Gezogenes Messing dient vielfach für Schaufeln von Dampfturbinen, Gewebe aus feinem Messingdraht finden als Metalltuch in der Papierfabrikation Verwendung. Messingrohre werden wie Kupferrohre durch Auswalzen dickwandiger, hohler Gußstücke oder durch Zusammenlöten von Blechstreifen hergestellt. Erstere Sorte ist zuverlässiger, aber auch teurer als gelötete Rohre.

β) Unter Rotguß versteht man Kupferzinklegierungen mit einem Zinkgehalt nicht über 18%, denen man, um sie gußfähig zu machen, Blei oder Zinn hinzusetzt. Rotguß dient denselben Zwecken wie die Maschinenbronzen, nur daß der Zinngehalt der letzteren meist höher ist. Ohne Blei- oder

Zinnzusatz heißen die Legierungen Tombak, mit 85% Kupfer, 15% Zink, das sich aber nicht durch Gießen verarbeiten läßt und technisch keine Bedeutung hat, außer für Rohre.

γ) Kupfer-Zinklegierungen mit 35 bis 40% Zink und einem geringen Eisenzusatz lassen sich in Rotglut schmieden und erhalten größere Festigkeit. Derartige Legierungen sind:

Eich- oder Sterrometall, Münzmetall mit 40% Zink und 2% Eisen, Deltametall, goldgelb, mit 58 Teilen Kupfer, 41 Teilen Zink, 2 Teilen Eisen und Mangan und 2 Teilen Blei, in Rotglut schmiedbar. Deltametall wird vielfach wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse, Säuren, Seewasser, und seiner Festigkeit gegen hohen Druck als Ersatz für Bronze verwendet, außerdem für Trieb- und Schneckenräder, die mit Stahl zusammen arbeiten, Preßzylinder, Pumpenventile und Kolben.

Andere Zusammensetzungen sind:

Kupfer %	Zink %	Zinn %	Blei %	Eisen %	Mangan %
58,65	39,61	0,97	0,42	0,34	—
56	41	—	1	1	1

Zusätze von Aluminium geben stark kupferhaltigen Kupfer-Zinklegierungen, ebenso wie Antimon und Zinn, größte Festigkeit und Härte. Das sog. Aluminiummessing besteht aus: 65% Kupfer, 32% Zink, 1% Aluminium und Spuren von Eisen und Silizium.

Durana Metall für:

	Kupfer %	Zink %	Zinn %	Eisen %	Blei %	Mangan %	Alu- minium %	Antimon %
Guß,	59	41	1	0,3	0,4	—	—	—
Schmieden	57	40	1	1	—	0,1	—	—
oder	58,7	39,6	1	0,34	0,4	—	—	—
Walzen	64,78	29,5	—	1,7	—	—	1,7	2,22

Duranametall der Dürener Metallwerke läßt sich zu Fassonguß verwenden, warm schmieden und kalt zu Stangen und Blechen walzen.

c) **Legierungen von Kupfer und Nickel** finden im Maschinenbau weniger Verwendung. Sie werden vielfach zur Herstellung von Münzen benutzt und enthalten meist 75% Kupfer und 25% Nickel.

Eine Kupfer-Nickel-Eisenverbindung, bei der die Bestandteile eine chemische Verbindung herstellen sollen, ist die Kùbelbronze, je nach der Zusammensetzung mit einer Zerreißfestigkeit $Kz = 4000-7500 \text{ kg/qcm}$, die für Gußstücke großer Festigkeit Verwendung findet. Ihre Zusammensetzung ist etwa:

	33,1 % Kupfer,	29,2 % Eisen,	30,6 % Nickel,	7,1 % Aluminium
oder	28,6 % "	25,3 % "	39,8 % "	6,2 % "

Manganhaltige Sorten werden zum Schmieden, Walzen, Ziehen, zur Herstellung von Schrumpfringen an Turbo-Generatoren an Stelle des Nickelstahls empfohlen.

Das Monelmetall, 32 Kupfer, 68 Nickel oder 40 Kupfer, 60 Nickel, ist gegen Säuren unempfindlich; eine ähnliche Legierung ist Konstantan für elektrische Widerstände, bestehend aus 50—60% Kupfer, 50% Nickel; einen Zusatz von Mangan hat Manganin, 84% Kupfer, 12% Mangan, 4% Nickel zu demselben Zweck.

d) **Kupfer-Nickel-Zinklegierungen** besitzen bedeutende Festigkeit und Härte, große Widerstandsfähigkeit gegen die in Getränken und Speisen enthaltenen chemischen Agenzien und haben eine silberähnliche Farbe, die für die Versilberung geeigneter ist. Diese Legierungen enthalten meist 50 bis 60% Kupfer, 12 bis 33% Nickel und führen die verschiedensten Handelsnamen, unter denen Neusilber der bekannteste ist, 4 Kupfer, 2 Zinn, 2 Nickel. Durch einen geringen Eisenzusatz wird es silberähnlicher, 2 bis 3% Blei ermöglichen leichtere

Bearbeitung auf der Drehbank. Für Gußstücke, die hohem Wasserdruck zu widerstehen haben, hat sich die Legierung 83 Gewichtsteile Kupfer, 5 Zinn, 5 Zink, 5 Blei, 2 Nickel bewährt. Alle übrigen Bezeichnungen wie Alpaka, Arghroide, Arghrophan, Maillechort, Alfenide, Chinasilber u. a. m. bedeuten im wesentlichen dasselbe Produkt. Die Verarbeitung erfolgt, indem man die Bestandteile am besten zu größeren Blöcken zusammengießt und diese zu Platten zersägt. Verwendet werden diese Legierungen besonders zu Tisch- und Hausgeräten als Ersatz des Silbers. Hierher gehört auch das zu Kunstgegenständen verarbeitete sog. Arguzoid (56 Kupfer, 13,5 Nickel, 23 Zink, 4,7 Zinn, 3,5 Blei). Nickelin ist der Name für eine Legierung von 54% Kupfer, 26% Nickel und 20% Zink, dessen elektrischer Widerstand jedoch nicht so konstant bleibt wie der der vorhergehenden Legierungen.

e) **Kupfer und Mangan** legieren sehr leicht, bis 15% erhält man eine stahlähnliche Färbung. Bleizusatz ergibt große Härte, so daß sich das Material für säurebeständigen Guß eignet. Solche Legierungen zeigen die Zusammensetzung: 60 Gewichtsteile Kupfer und 18 Gewichtsteile Mangan aus 80% Ferromangan. Zum Vergießen wird ein Zusatz von 1% Aluminium nötig.

Mangan Kupfer wird für Stehbolzen der Lokomotiven benutzt.

3. Legierungen, in denen das Aluminium die Hauptrolle spielt, sind Aluminiumsilber, Magnalium. Aluminiumsilber mit etwa 95% Aluminium und 5% Silber wird wegen seiner Härte und Elastizität zu Messerklingen verarbeitet. Hierher gehört auch das sog. Drittsilber (66,6% Aluminium und 33,3% Silber), das für Hausgeräte dient.

Eine größere Bedeutung hat in den letzten Jahren das Magnalium vom spezifischen Gewicht $\approx 2,3$ erlangt (77 bis 98% Aluminium und 23 bis 2% Magnesium). Magna-

lium hat mit 10% Magnesium die mechanischen Eigenschaften des gewalzten Zinks, mit 15% die des Messings, mit 20 bis 25% die weicher bzw. gewöhnlicher Bronze. Magnalium mit mehr als 6% Magnesium ist leichter als Aluminium und findet daher und wegen seiner großen Festigkeit Anwendung bei Instrumenten, Stativen usw., bei denen Leichtigkeit von Wert ist. Für Kolben von Verbrennungsmotoren hat sich bei Herstellung aus Magnalium eine Verminderung der Vibrationen gezeigt, Vorzündungen sind seltener und der Motor beschleunigt sich schneller, für Luftmotoren hat man die Kühlrippen aus Magnaliumblech ausgeführt, ferner Ventilführungen, Kurbelgehäuse und Pleuellstangen.

Hierher gehört auch das *Atherium* vom spezifischen Gewicht 2,5 und das aus Aluminium, etwas Nickel, Kupfer, Zink, Mangan und Eisen bestehende *Weidrium* vom spezifischen Gewicht 3,0.

Duraluminium, vom spezifischen Gewicht 2,8, enthält über 90% Aluminium, außerdem Kupfer, Mangan und Magnesium, z. B. 95% Aluminium, 4 bis 5% Kupfer, je 0,5% Mangan und Magnesium. Es hat die Festigkeit des Gußeisens und läßt sich warm und kalt walzen, schmieden und ziehen. Bei 400 bis 450° C wird es sehr plastisch. Nach dem Walzen und Pressen muß es auf 500° C erhitzt und 4 bis 5 Tage der Luft ausgesetzt werden.

4. Die **Legierungen des Blei** werden als *Hartblei* bezeichnet. Die mit ihm legierten Metalle sind Antimon und Zinn, das zugesetzt wird, um die bei steigendem Antimon-gehalt sich vergrößernde Sprödigkeit zu bekämpfen und doch genügende Härte für die Verwendung in Stopfbüchsen und Lagern zu erhalten. Die Benutzung erfolgt meist für billigere Lagerweißmetalle. Einige derartige Legierungen zeigt z. B. folgende Zusammenstellung.

	Blei	Antimon	Zinn
Stopfbüchsenringe	70	15	15
Lagerschalen	10	20	15
Stopfbüchsen	76	10	14
"	65	15	20
Weißmetall	90	—	10
Lagermetall für langsamlaufende Wellen .	84	16	—
" " Eisenbahnwagen	80	12	8
" " "	60	20	20
" " Magnolia "	78	16	6
Stopfbüchsen für Lokomotivzylinder . . .	80	8	12
Letternmetall	55—80	15—25	0—20

Blei mit 0,20 bis 0,35% Arsenzusatz bildet das Material für Schrot.

Eine ähnliche Zusammensetzung wie Magnolia hat die für die Glynko-Lager benutzte Legierung.

5. Die **Zinnlegierungen** mit Blei, letzteres bis 50%, bilden das Material für billige Spielwaren und Gebrauchsgegenstände; für Ess- und Trinkgefäße dürfen gesetzlich, wegen der Gefahr von Bleivergiftung, nicht mehr als 10% Blei verwendet werden.

Enthalten die Zinnlegierungen außer Antimon noch etwas Kupfer, so bezeichnet man die daraus gefertigten Bleche als Britanniametall, dagegen als Weißmetall, wenn das Material durch Gießen seine Formgebung erhält. Weißmetall findet im Maschinenbau weitgehende Verwendung als Lagermetall.

Vielfach verwendete derartige Legierungen sind z. B.:

	Zinn	Antimon	Kupfer	Blei
Weißmetall für Eisenbahn-Achslager .	85	11	6	—
" " " " .	90	8	2	—
" " " " .	82	12	6	—
" " " " .	76,7	15,5	7,8	—
Hartes Weißmetall für Wellenlager .	72,8	18,2	9	—
Kurbelzapfen für Briffettpressen . . .	85	10	5	—
Untergeordnete Lager	42	16	—	42
" "	45	13	2	—
" "	42	13	2	40

Das für Lagermetall benutzte, rein zu verwendende Antimon wird mit dem halben Kupfergewicht zusammengesmolzen, und nachdem die dreifache Menge des Bades an Zinn von höchstens 0,8% Bleigehalt hinzugefügt ist, werden die hieraus gegossenen dünnen Platten noch einmal geschmolzen und dann zu 12 bis 15 mm starken Platten vergossen. Diese Legierung entspricht der Zusammensetzung 85 Zinn, 11 Antimon, 6 Kupfer.

Britanniametall, das sich fast vortrefflich auf alle Weisen bearbeiten läßt und sehr geschmeidig mit silberähnlicher Farbe hergestellt wird, dient zu vielerlei häuslichen Gebrauchszwecken. Es besteht meist aus 90 bis 92% Zinn, 8 bis 9% Antimon und 0 bis 3% Kupfer. Mit höherem Antimongehalt wird es ziemlich spröde. Soll es gegossen werden, so beträgt der Zinngehalt etwa 82 bis 88,4%.

6. Die **Legierungen des Zink** finden im Maschinenbau als Lagermetall vielfache Anwendung, da der Reibungskoeffizient ziemlich gering und ihr Preis niedriger ist als der von Rotguss und Bronze. Man bezeichnet diese Legierungen vielfach als Antifriktionsmetall.

Benutzte Legierungen dieser Art sind z. B.:

	Zink	Zinn	Kupfer	Antimon	Blei
Antifriktionsmetall für langsamlaufende Wellen	85	—	5	10	—
Antifriktionsmetall für raschlaufende Wellen	77	—	6	17,4	—
Englisches Lagermetall	80	14,5	5,5	—	—
Babbittmetall	69	19	4	7	5
" billigeres	50	25	—	—	25

7. Eine **Eisen-Nickellegierung** von hohem elektrischen Widerstandskoeffizienten ist das sog. Krupp in, das Verwendung für Borschaltwiderstände, Anlaß- und Regulierapparate findet und selbst bei dauernder Beanspruchung bei 600° C einen fast konstanten Widerstand zeigt.

Dem Aluminiummessing sehr ähnlich ist eine Legierung von 90 bis 95% Zink und 5 bis 10% Aluminium, die in den

Woods und Lipowicz' Metall dienen für die Auslösung von Sprinklereinrichtungen.

Weitere sind:

	Bismut	Blei	Zinn	Zink	Kadmium
Schmelzpunkt 100° C	5	3	—	2	—
180° C	3	9	—	8	—
Stereothpiermetall Schmelzpunkt 96° C	52	33	15	—	—
" " 100° C	50	35	15	—	—
" " 100° C	56	22	22	—	—

3. Elektrische Leitungsfähigkeit und spezifischer Widerstand der wichtigsten Materialien der Elektrotechnik.

Der Widerstand eines Drahtmaterials von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt heißt der spezifische Leitwiderstand, der von der Temperatur abhängt. Die Widerstandszunahme für eine Temperatursteigerung von 1° C für einen Körper aus den verschiedenen Materialien mit 1 Ohm elektrischem Widerstand ist verschieden und aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen, die auch die Leitungsfähigkeit verschiedener Materialien, diejenige des Quecksilbers als Einheit angenommen, zeigt.

	Spezifischer Widerstand bei 15° C	Widerstandszunahme	Leitungsfähigkeit bei 0° C
Aluminium	0,03—0,05	0,004	—
Aluminiumbronze	0,13—0,29	0,001	—
Antimon	—	—	2,1
Blei	0,208	0,00387	4,6
Eisen	0,1—0,12	0,0048	6—10
Kohle	100—1000	0,0003—0,008	0,02
Konstantan	0,5	0,000025	—
Kruppin	0,848	0,007	—
Kupfer	0,0172	0,0038	55
Lötzinn	0,18	—	5,62
Manganin	0,4—0,43	0,000015	—
12% Mangan Kupfer	—	—	2,8
30% "	—	—	0,9

	Spezifischer Widerstand bei 15° C	Widerstands- zunahme	Leitungs- fähigkeit bei 0° C
Messing	0,07—0,08	0,0015	10—14
Reusilber	0,45—0,49	0,00022	2,4—6
Nickel	0,12	0,0037	—
Nickelin	0,43	0,00022	2,3
Patentnickel	0,342	0,00019	—
Platin (geglüht)	0,094	0,00243	6,5
20% Platinsilber	—	—	4,8
40% Platinkupfer	—	—	2
Quecksilber	0,95	0,0009	1
Rheotan	0,51	0,00023	—
Silber (geglüht)	0,016	0,00377	59
Stahl	0,1—0,25	0,0045—0,005	2—6
Tantal	0,165	0,003	—
Wismut	0,12	0,0037	0,8
Zinn	0,06	0,0039	—
Zinn	0,12	0,0045	15

Zweiter Abschnitt.

Hilfsstoffe.**I. Lötstoffe.**

1. Unter Lötstoffen versteht man Metalle oder Metalllegierungen, durch die sich zwei gleichartige oder ungleichartige Metalle miteinander verbinden lassen, indem das Verbindungsmittel mit beiden oberflächlich zusammenschmilzt. Unter keinen Umständen darf das Lot schwerer schmelzbar sein als das zu lötende Metall. Für die Lötstelle kommen hierbei Festigkeit und Schmelzbarkeit in Betracht, und die letztere Eigenschaft ist meist für die Einteilung der Lötmaterialien maßgebend.

Alle zum Löten verwendeten Metalle müssen in möglichst reinem Zustand verwendet und genügend flüssig gemacht werden. Die Lötflächen müssen metallisch rein und während des Lötens gegen Oxidation geschützt sein.

Leicht schmelzbare Lötmitel heißen Weichlot (Schnelllot), schwer schmelzbare Hart- oder Schlaglot. Das Schlaglot hält in geringerem Umfange Beanspruchungen durch Biegen oder Hammerschläge aus, Weichlot aber nicht.

Weichlote sind Legierungen von Zinn und Blei oder solche von Wismut, Zinn und Blei; der Schmelzpunkt der ersteren liegt zwischen 185 und 260° C, der der letzteren zwischen 95 und 125° C. Wismut enthaltende Lötmaterialien werden auch als Wismut- oder Schnellote bezeichnet. Weichlot wird in Platten oder Stäbe gegossen und für zarte Lötungen mit der Schere zerschnitten, Hartlot wird geförnt oder gesiebt oder auch rotglühend gepulvert.

2. Weichlote. Reines Zinn kann zum Löten von reinem Zinn benutzt werden, für leichtfließende Blei-Zinnlegierungen wird Wismutlot verwendet, für verzinnnes Eisenblech, Zink, Blei, Kupfer, Messing dagegen wismutfreie Lote.

Ein besonders leichtflüssiges Lot erhält man, wenn man kurz vor dem Erstarren des Lotes die obere, noch nicht erstarrte Schicht abschöpft (Sickerlot).

Wismutlote. Die Schmelztemperatur steigt mit abnehmendem Blei- und zunehmendem Wismut- und Zinngehalt.

Zusammensetzung einiger Wismutlote.

Zinn	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Blei	2	1,3	1,3	1,3	0,9	1	1,67	0,5	0,66
Wismut	3,3	2,7	2,55	2,37	2,14	3	4	0,5	0,66
Schmelzpunkt .	96°	101°	103°	107°	114°	121°	125°	130°	150°

Zusammensetzung einiger Weichlote.

Zinn	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Blei	0,58	0,5	0,66	0,43	0,17	1	1,5	2,3	2
Schmelzpunkt .	183°	185°	189°	194°	212°	213°	232°	257°	230°

3. Hartlote. Reines Kupfer dient zum Löten von Guß- und Schmiedeeisen.

Zusammensetzung einiger Hartlote.

Zinn .	—	—	—	1	1	4	2	1	10	—	—	—	—	
Zink .	1	1	1	4—7	10	1	1	—	—	—	2—5	1	1	1—2
Messing	7	3,5	2,15	12	22	20	11	4	4	—	5	—	—	2—6
Kupfer	—	—	—	—	—	—	—	—	6	5	—	5	2	—
Blei .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Farbe .	gelb	gelb	gelb	halb weiß	halb weiß	weiß	weiß	weiß	weiß	kupfer- farbig	gelb	gelb	halb weiß	gelb

Unter Tinol wird eine Paste von Weichlotpulver mit Chlorammonium und Glycerin verstanden.

Für elektrotechnische Zwecke hat sich das sog. Fludorlöt mittel bewährt.

Die Schmelztemperatur der Kupfer-Zinklote liegt zwischen 425 und 460° C, die der Messing-Zinklote zwischen 400 und 450° C, die der Messing-Zinn-Zinklote über 426° C.

Im allgemeinen vermindert größerer Zinkgehalt die Festigkeit und erniedrigt die Schmelztemperatur. Je mehr Messing und je weniger Zink ein Lot enthält, desto haltbarer und strengflüssiger ist es. Zinn hat allein Einfluß auf die Farbe und das Zusammenhaften.

Eisen kann mit Kupfer und kleinem Bleizusatz, Kupfer mit Kupfer und etwa 17 Teilen Blei, Gußeisen mit Kupfer oder Messing gelötet werden.

4. Flußmittel. Zur Ausführung des Weichlötens muß die gereinigte Lötstelle zur Verhinderung des Oxidierens mit einem sog. Flußmittel bestrichen werden. Als dazu erforderliches Mittel wird für grobe Lötungen wohl Lehm benutzt, der den Zutritt der Luft zu den blankgemachten Metallflächen hindert. Lösende Löt mittel sollen die Verbindungen, die beim Löten die Vereinigung der Metalle hindern, beseitigen; dahin gehören Borax, saures, borsaures Natron, Glaspulver, Quarzsand, Wasserglas, Phosphorsäure, phosphorsaures Na-

tron und phosphorsaures Ammoniak, außerdem Kryolith (eine Fluor-Natrium-Aluminium-Verbindung).

Agende Lötmittel sind die meisten der sog. Lötässer, sie lösen die Oxidschichten und schaffen zugleich reine Oberflächen.

Reduzierende Lötmittel, Harz, Kolophonium, Stearin, Terpentin, Salmiak und Zynkalium, reduzieren die beim Löten auftretenden Oxide zu reinem Metall.

In der Praxis werden vorwiegend Chlorverbindungen verwendet, meist eine filtrierte Lösung von Zinkstückchen in reiner Salzsäure, zu der man ein gleiches Volumen von mit Chlorammonium gesättigten Wassers, das sog. Lötasser, mischt. Zum Löten von reinem Zinn wird als Flussmittel reine Salzsäure oder Kolophonium verwendet. Ein säurefreies, für manche Zwecke geeignetes Flussmittel ist das aus 1 kg Talg, 1 kg Baumöl, 0,5 kg pulverisiertem Kolophonium und 0,25 l Chlorammonium bestehende Lötöfett.

Um beim Schweißen von Eisen auf Eisen, Tiegelstahl usw. einen Schutz gegen die Oxidation an den Schweißstellen zu erreichen, werden die sog. Schweißpulver verwendet, die auf die Schweißflächen der hellrot glühend gemachten Eisen- oder Stahlflächen, nach der Beseitigung des Zunders dicht aufgestreut werden. Das Schweißpulver läßt man im Feuer bis zum Schmelzen einbrennen. Verwendet wird vorwiegend ein aus gleichen Teilen bestehendes Gemisch von feinen Stahlfeilspänen mit Borax, der bis zur Rotglut erhitzt, geschmolzen wird, worauf man ihn auf ein Blech schüttet, abkühlen läßt und pulvert.

Für Hartlötung wird als Flussmittel Bor säure oder Borax benutzt. Der trockene Borax wird dabei auf die zu lötende Stelle gebracht, darauf das Lot und darüber etwas mit Wasser angefeuchteter Borax. Man verfährt auch wohl so, daß man den kalzinierten Borax unter das gepulverte Lötöfett mengt.

5. Eine besondere Gruppe der Lötmaterialien sind die sog. **Stahllote**, bei deren Gebrauch die Stahlenden zunächst auf Rotglut und dann weiter erhitzt werden, worauf man das Lötpulver wie bei anderen Lötmaterialien verwendet. Derartige Lötmittel stellt man z. B. her, indem man: 1 Teil Berlinerblau, 200 Teile Blutlaugensalz und 300 Teile Borax in fein gepulbertem Zustande mischt, mit Wasser einkocht und in der Hitze eintrocknet, worauf die kalte Masse gepulvert und mit 100 Theilen Schmiedeeisenspäne gemischt wird. Das Lötpulver wird auf den weißglühenden Stahl gestreut, worauf der Stahl geschweißt wird.

Das billigste Schweißmittel für Eisen und Stahl ist trockener, reiner, ganz gleichmäßig gekörnter Sand, dem man für Stahlschweißung ein wenig Kreide oder Salz zusetzt und den man kurz vor der Weißglut auf den Stahl aufträgt.

Vielfach verwendet werden auch 5 Theile Kolophonium, die mit 10 Theilen Blutlaugensalz, 20 Theilen Salmiak und 64 Theilen Borax unter Zusatz von wenig Wasser und einem kleinen Glas Branntwein bis zu einer gleichmäßigen Masse unter Umrühren in einem eisernen Gefäß erhitzt werden. Nach dem Erkalten wird die Masse gepulvert.

Ein ähnliches Stahllot besteht aus zusammengeschmolzenem gepulberten Borax und Salmiak (5 Theile), Chlorammonium (8 Theile), Blutlaugensalz (52 Theile) und borsaurem Natron (61 Theile) unter Zusatz von Wasser, das von Zeit zu Zeit zu ersetzen ist. Das Kolophonium und Blutlaugensalz wird erst zugesetzt, bis die erhitzte Masse nicht mehr stark nach Ammoniak riecht. Das Ganze wird unter stetem Umrühren zu einem heißen Brei erhitzt.

Um Fehlerstellen im Gußeisen durch Aufbringung von Gußeisen zu flicken, werden die auf Rotglut erhitzten Verbindungsstellen zusammengespant, nachdem zwischen sie ein Gemisch von 500 Theilen geschmolzenem gepulberten Borax

mit 250 Teilen Roheisenfeilspänen und 250 Teilen Gußeisenfeilspänen gebracht worden ist.

6. Aluminiumlote zum Weichlöten von Aluminiumbronze bestehen aus 15 Teilen Cadmium und 20 Teilen Zink, wobei die Anwendung von Lötwater zu vermeiden ist, vielmehr die Reinigung durch Abschaben geschehen muß. Andere Aluminiumlote sind: 2 bis 3 Gewichtsteile Zinnchlorid und 1 Gewichtsteil Zinkchlorid, die nach dem Zusammenschmelzen zu einer teigigen Masse abkühlen. Ferner wird angegeben: 0,25 Gewichtsteile Zink und 0,03 Gewichtsteile Aluminium zusammenschmelzen, dann 2 Gewichtsteile hinzufügen, zu der vom Feuer genommenen Legierung 0,03 Gewichtsteile Phosphor hinzufügen und das erkaltete Lot in Streifen gießen.

7. Lote für Bronze und Messing. Ein Hartlot für Bronze und Messing besteht aus: 48,5% Kupfer, 48,5% Zink und 3% Zinn, bei 980° C schmelzend.

Zum Hartlöten von Aluminiumbronze verwendet man ein Lot aus 46 Teilen Zink, 2 Teilen Zinn und 52 Teilen Kupfer bestehend.

Für Bronzen unter 5% Aluminiumgehalt kann gewöhnliches Zinnlot verwendet werden.

Ein Lot für Neusilber ist 42% Zink, 47% Kupfer und 11% Nickel.

Silberlot wird zur Verbindung von Leitungsdrähten aus Kupfer benutzt, wobei entweder reines Silber oder gleiche Teile Silber und Messing verwendet werden.

8. Vom Löten muß das **Bergießen** von Metallen unterschieden werden, dessen Wirksamkeit darauf beruht, daß man zwischen die zu verbindenden Metalle, meist Zinn und Blei, ein stark erhitztes Metall eingießt, durch das die Teile zum teilweisen Schmelzen gebracht werden. Durch Bergießen lassen sich auch viele kupferhaltige Legierungen miteinander verbinden.

II. Die Schleifmittel.

Eine große Anzahl moderner Arbeitsmethoden ist erst durch die Anwendung von Schleifmitteln zu dem Grade der Vollendung gelangt, die sich durch Verwendung von Werkzeugen allein nicht hätte erreichen lassen. Nach der Art der für Schleifmittel verwendeten Stoffe unterscheidet man natürliche und künstliche Schleifmittel.

Außer einer großen Anzahl von Schleifmitteln, die nur für besondere Zwecke und in geringeren Mengen benutzt werden, kommen besonders diejenigen in Betracht, die für die Holz- und Eisenindustrie weite Verbreitung gefunden haben.

1. Schleifmittel für Holz sind hauptsächlich Glas, Feuerstein und Quarz in gekörntem Zustande. In der Schleifindustrie gewinnt man sie durch Zerkleinern zerbrochener Glasflaschen und des Materials der Glashütten, das sich überall findet. Feuersteine finden sich meist in Knollenform in Kreideablagerungen in Norwegen, auf der Insel Rügen und an der englischen Küste, während Quarz bei seinem vielseitigen Vorkommen auch eine weitgehende Verwendung findet.

Norwegischer und amerikanischer Quarz ist ein vielfach verwendetes Schleifmaterial für die Holzbearbeitung, während der in Frankreich vorkommende Süßwasserquarz zur Herstellung von Mühlsteinen und künstlichen Schleifscheiben dient.

Die Materialien werden in Steinbrechern und Mahlgängen gebrochen, gekörnt und dann durch Siebe in eine Reihe gröberer und feinerer Körnungen zerlegt. Zur Ausführung ganz feiner Schleifarbeiten ist ein Schlämmen des Materials erforderlich.

2. Für die Metalle spielen neben dem seit alters her bekannten Korund Karborund, Diamantit, Diamantine, Korubin, Elektrit, Alundum die wesentlichste Rolle. Alle diese Stoffe lassen sich auf künstlichem Wege darstellen.

a) Korund findet sich in der Natur als edler, gemeiner und in einer, Schmirgel genannten Abart vor. Der Hauptbestandteil ist stets die Tonerde und die dieser beigemengten Nebenbestandteile sind für die Güte des Korunds maßgebend.

Der edle Korund erscheint in einer Anzahl geschätzter Edelsteine, Topas, Smaragd, Saphir und Rubin, deren verschiedene Farbe durch geringe Beimengungen von Eisen, Chrom usw. erzeugt wird.

Der gemeine Korund vom spezifischen Gewicht 3,9 bis 4 und der Härte 9 setzt sich aus 93 bis 96% Tonerde, 2,6% Kieselsäure und 0,7% Eisenoxyd zusammen. Er bildet in manchen Fällen 30 bis 40% der ganzen Bergmasse, in der er sich findet, besonders in Indien und Kanada, in kleineren Mengen findet er sich in den verschiedensten Ländern.

Der Schmirgel enthält weniger Tonerde (48 bis 70%), dagegen 3 bis 8% Kieselsäure und 22 bis 30% Eisenoxyd. Der Schmirgel hat ein feineres Korn als der gemeine Korund, und kann im wesentlichen als ein Gemisch von Korund mit Magneteisenstein bezeichnet werden. In den größten Mengen findet er sich auf der Insel Naxos im griechischen Archipel, in Kleinasien in der Nähe von Ephesus, daneben in Spanien, Dalmatien, China und Südamerika.

Der Naxoschmirgel kommt in mächtigen Lagern bis zu 50 m auf Kalkstein vor. Die Gewinnung erfolgt sehr einfach, indem die natürlichen Gesteinsspalten durch Erhitzen erweitert werden und dann das Material mittels Brechstangen gelöst wird. In den letzten Jahren wird der Levantiner Schmirgel in großen Mengen in den Handel gebracht.

b) Karborundum ist ein Siliziumkarbid von der Härte 9,5 und dem spezifischen Gewicht 3,12, besteht aus 70% Silizium und 30% Kohlenstoff und schmilzt bei $\approx 2700^{\circ}$ C. Zu seiner Herstellung werden feingemahlener Koks, Quarzsand,

Salz und Hobelspäne in einem aus feuerfesten Steinen erbauten Ofen 24 bis 32 Stunden lang einem elektrischen Strom ausgesetzt. Dabei bilden sich die Kristalle des Karborunds um einen mittleren Kern, die nach dem Umfang hin abnehmen und nach außen hin in das unverändert gebliebene Material übergehen.

Außer zu Schleifzwecken findet der Karborund wegen seines hohen Gehalts an Silizium noch in der Stahlerzeugung Verwendung.

Hergestellt wird das Material in Böhmen und in Nordamerika an den Niagarafällen.

c) Eine andere Gruppe von künstlichen Schleifmitteln wird aus Bauxit, einem Aluminiumerz, das bei hoher Temperatur im elektrischen Ofen reduziert wird, erzeugt, der seinen Namen nach seinem Fundort Baux in Südfrankreich erhalten hat, wo er sich in großen Mengen findet, daneben findet sich Bauxit in großen Lagern in Alabama. Die Zusammensetzung von Bauxit ist etwa 60 bis 70% Tonerde, 1 bis 15% Eisenoxyd, 2 bis 10% Kieselsäure und 28 bis 33% Wasser. Die aus Bauxit hergestellten Schleifmittel werden durch das Schmelzen des Materials in elektrischen Ofen, bei Temperaturen von 3200 bis 3900° C gewonnen und beim Erkalten in eisernen Formen zum Auskristallisieren gebracht. Derartig gewonnene Schleifmittel kommen im Handel unter den Namen Diamantin von dem Diamantinwerk Rheinfelden, Diamantit, französischer Herkunft, Alundum, amerikanischer Herkunft von der Norton Co. vor. Sehr schnell in die Technik eingeführt hat sich das Alundum, ein amorphes Aluminiumhydrat von der Härte 9,2 bis 9,3, das im elektrischen Ofen hergestellt wird, sehr rein und scharf ist. Im allgemeinen liegt der Unterschied der letztgenannten Schleifmittel in der verschiedenen Beschaffenheit des Grundstoffes Bauxit und der dadurch bedingten verschiedenen Art der Herstellung. In

ähnlicher Weise werden auch das Schleifmittel Elektrit und Elektrorubin erzeugt.

d) Ganz abweichend von den erwähnten künstlichen Schleifmitteln entsteht ein anderes Schleifmittel, ein künstlicher Korund, Korubin genannt, das von Th. Goldschmidt in Essen bei der Herstellung reiner Metalle, besonders Chrom, nach dem aluminotechnischen Verfahren gewonnen wird. Das Korubin bildet sich bei diesem Verfahren als eine Schlacke, die aus fast reiner geschmolzener Tonerde (87%) besteht, mit einer geringen Beimengung von Chrom, das dem Material eine rötliche Färbung gibt. In gekörntem Zustande ist diese bei etwa 3000° C gewonnene Schlacke sehr geeignet als Schleifmittel. Die Härte des Korubins ist fast der des allerbesten, beinahe farblosen Korunds gleich. Korubin dient auch neben der Verwendung als Schleifmittel zur Ausfütterung von Öfen.

e) Korund, Schmirgel und die aus Bauxit gewonnenen Schleifmittel werden in der Weise verarbeitet, daß die gewonnenen Stücke in Brech- und Walzwerken zerkleinert und durch Siebe in verschiedenen Körnungen sortiert werden. Im Handel kommen etwa 20 Körnungen vor. Besonders der Schmirgel, bei weitem am meisten zu Schleifzwecken verwendet, wird dann noch in etwa 12 Nummern, für die Herstellung von Spiegelscheiben, optischer Gläser usw., besonders abgeschlemmt.

Karborundum wird vor der Zerkleinerung des gewonnenen Stoffes von den anhaftenden schädlichen Bestandteilen durch Säuren befreit. Nach der Zerkleinerung folgt die Weiterverarbeitung in Körnungen wie bei den übrigen Schleifmitteln.

Korubin wird in erster Linie zerkleinert, um das in kleinen Teilchen vorhandene Chrom zu entfernen.

Die Verwendung der Schleifmittel erfolgt in Pulver-

form, als Schmirgelleinen, Schmirgelpappe, Schmirgelseilen, und in Form von Scheiben.

In Pulverform wird es, trocken oder mit Wasser oder Öl vermengt, zwischen die zu schleifenden Teile gebracht, für Schmirgelleinen mit einem Klebstoff auf Leinen, Papier oder Holzstreifen befestigt.

Für die Verwendung im Maschinenbau kommt als Bindemittel vorwiegend Ton mit Natron-Wasserglas in Frage, ferner Schellack mit Kautschuk, dann Magnesit- und endlich Silikatbindung und Ölbindung.

Schmirgelscheiben, durch Leim als Bindemittel hergestellt, unter Zusatz von in Methylalkohol gelöstem Tannin oder einer Mischung von Leinöl und sog. Lithargo (einem Bleioryd) — auch Kaolinzusätze finden sich —, werden in eisernen Formen bei 105 bis 120° C gepreßt.

Das Schleifen mit Öl ist nicht für alle Fabrikate anwendbar, da es die Schmirgelflächen verschmiert und unter Umständen die Bindemittel allmählich aufweicht.

Als billigeres Surrogat für Schmirgel kommt Eisenglanz und Quarz in den Handel.

III. Kieselgur.

1. Die Kieselgur, auch Infusorienerde genannt, besteht aus den hohlen Kieselpanzern abgestorbener Algenarten, der Diatomeen, die außer Wasser und einigen organischen Bestandteilen in der Hauptsache bis zu 80 bis 90% aus Kieselsäure bestehen. Ein Kubikzentimeter Kieselgur enthält bis zu 2500 Millionen dieser Panzer. Das meist zutage liegende Material, dessen Fundorte in Deutschland die Lüneburger Heide und der Habichtswald sind, das sich aber auch in den meisten anderen Ländern findet, besitzt ein spezifisches Gewicht von durchschnittlich 0,24 und kommt teils roh in den Handel oder

wird durch Ausglühen (Kalzinieren) von Wasser befreit, geschlämmt und fein gemahlen.

2. Der technische Wert der Kieselgur ist darin begründet, daß sie neben dem geringen Gewicht aus einer außerordentlich großen Anzahl von mit Luft gefüllten Hohlkörpern besteht und die Fähigkeit der Wasseraufnahme in hohem Grade besitzt, sie kann das Fünffache ihres Gewichts an Wasser aufnehmen. Außerdem ist sie ein sehr schlechter Leiter für Wärme und Schall und besitzt in geglühtem Zustande eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und den Angriff des Feuers.

Die durch ihre Zusammensetzung begründete schlechte Wärmeleitungsfähigkeit und ihre hohe Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen macht sie zu einer der wertvollsten Wärmeschutzmassen für Dampfrohrleitungen, Dampfzylinder und Dampfkessel und andererseits für die Rohrleitungen von Eismaschinenanlagen. Die völlige Keimfreiheit der Kieselgur im Gegensatz zu vielen für dieselben Zwecke benutzten organischen Körpern und ihre große Porosität machten sie ferner zu einem wertvollen Filtermaterial für Trink- und Gebrauchswasser und zu einem viel verwendeten Klärungsmaterial in der chemischen Industrie.

Als Hinterfüllungsmaterial von Darr- und Kofträumen von Backöfen, von Lade- und Unterkunftsräumen auf Schiffen, von Eiskellern, Eisenbahntwaggonen usw. ist die Kieselgur auch mit Rücksicht auf ihren niedrigen Preis ein kaum durch einen anderen Stoff ersetzbares Material.

Daneben lassen sich durch Mischungen von Wasserglas, Leim und Asbeststaub mit Kieselgur Schutzfarben für Holz gegen den Angriff des Feuers herstellen, die, weil sie einen nach und nach versteinernenden Überzug bilden, auch dem Angriff von Schwamm erfolgreich widerstehen.

Kieselgur besitzt eine weißliche bis braunrötliche Färbung

und bildet je nach der Art der verschiedenen Fundorte eine kreide- oder tonartige Masse, wird jedoch auch häufig in lockerer, staubähnlicher Form gewonnen. Mit Wasser zu einem Brei gerührt läßt sie sich leicht anbringen und bildet, einmal erhärtet, einen sehr dauerhaften Überzug.

IV. Glimmer.

Glimmer, ein in blättriger Form kristallisiertes Aluminium- und Kaliumsilikat, findet in der elektrotechnischen Industrie wegen seines starken Widerstandes gegen das Durchschlagen selbst sehr starker elektrischer Ströme vielfach als Bestandteil von elektrischen Isoliermaterialien Verwendung. Schon in sehr dünnen Blättchen ist weißer, reiner Glimmer auch bei hohen Temperaturen außerordentlich widerstandsfähig. Glimmer ist eine chemische Verbindung von Magnesia, kieselaurer Tonerde und kiesel-sauren Alkalien.

Aus Glimmerblättchen besteht zum größten Teil das Mikanit genannte elektrische Isoliermittel.

V. Porzellan.

Das Porzellan, aus Kaolin, sehr reinem Ton und anderen feuerfesten plastischen Tonarten gewonnen, meist unter Zusätzen von Feldspat und Quarz und durch Feldspatglasuren glasiert, verdankt seine technische Verwendung in der Elektrotechnik seiner Eigenschaft, ein sehr gutes Isoliermittel gegen den elektrischen Strom zu sein. Porzellan zeigt einen muscheligen Bruch, ist von weißer Farbe und durchscheinend. Verwendet werden für Isolatoren die sog. Hartfeuerporzellane. Für starke Stromspannungen, die 1000 Volt überschreiten, findet mit der Zeit doch eine Ableitung des elektrischen Stromes statt, da sich die Oberfläche des Porzellanisolators nicht völlig glatt erhält. Man verwendete für derartige Zwecke sog.

Ol-Isolatoren, d. h. Porzellanisolatoren, die im Innern mit einem schlechten Wärmeleiter, z. B. Öl, gefüllt sind.

In manchen Fällen wird Glas als Ersatz des Porzellans benutzt.

VI. Glas.

Glas ist ein Gemenge von Silikaten, vorwiegend kiesel-saurem Natron und kiesel-saurem Kalk, und wird durch Zusammenschmelzen von Bleiorhd oder Kalk mit Kieselsäure hergestellt. Bleiorhd vermindert, Kalk erhöht die Härte und den Glanz des Glases. Für Wasserstandsgläser darf nur ganz langsam gekühltes Glas verwendet werden. Zu Schutzgläsern für Wasserstände kommt Drahtglas mit einer netzförmigen Einlage aus nicht rostendem Eisendraht zur Verwendung. Ein säurebeständiges, feuerfestes Glas ist das im elektrischen Ofen hergestellte Quarzglas, das die Elektrizität nicht leitet, ebenso Zirkonglas.

VII. Papier und Pappe.

Papier kommt in mannigfachen Formen zur Verwendung.

Als Baustoff hat man ohne nachhaltigen Erfolg versucht Eisenbahnscheibenräder aus stark gepreßtem Papier mit auf beiden Seiten liegenden Metallscheiben herzustellen, ebenso werden in einigen Ausführungen aus Preßpapier erzeugte Verzahnungen für Räder verwendet.

Mit galvanischen Metallüberzügen versehenes Papier wird mehrfach als Dichtungsmaterial für Dampfstopfbüchsen benutzt.

In den meisten Fällen dient Papier mit verschiedenen Substanzen getränkt als Aufnahmestoff für Isolationsmittel in der Elektrotechnik, als Träger von Schleifmitteln, in der Form von Glas-, Feuerstein-, Bimssteinpapier, ferner als

Sand- und Schmirgel- und für sehr harte Gegenstände als Quarzpapier.

Als Ersatz für Kautschuk hat man Papierisolatoren aus Zellulosepapier oder Hadern für lange Kabelleitungen benutzt.

Röhren aus spiralförmig aufgewickelten Papierstreifen haben als Wärmeschutzumhüllungen bei Dampf- und Kältemaschinenleitungen Verwendung gefunden. Pappe wird als Preßpan in der Form einer aus Flachß und Hanf hergestellten, an der Oberfläche sehr glatten Pappe für elektrische Isolierung, auch mit verschiedenen Tränkungen als Dichtungsmaterial benutzt.

VIII. Asbest.

1. Asbest besteht im wesentlichen aus reiner Kieselsäure und Magnesia, ist ein Mineral von faseriger Beschaffenheit, in reinem Zustande fühlt es sich fettig an. Es kommt in Verbindung mit Glimmer, Hornblende und Augit vor.

In seiner reinsten Form, als weißer Asbest, Serpentin-asbest, findet er sich unter verschiedenen Namen (Bergflachß, Amiant, Kanadafaser, Bostonit) auf Korsika, in Tirol, Rußland, Italien, Böhmen. Das spezifische Gewicht beträgt 2,3 bis 2,8.

Sogenannter gemeiner Asbest, von grauer Farbe und weniger biegsam als weißer, findet sich auch in filzartiger Form vom spezifischen Gewicht 2,9 bis 3 als Bergleder in Schweden und Spanien.

2. Asbest schmilzt bei etwa 1150 bis 1550° C und seine Verwendung in der Technik beruht auf seiner Unverbrennlichkeit, Säurebeständigkeit, sowie seinem schlechten Wärme- und Elektrizitätsleitungsvermögen und seiner Spinnfähigkeit; auch als Dichtungsmittel ist er von hohem

Wert, da er die meisten anderen Dichtungsstoffe bei weitem übertrifft, besonders wenn solche höheren Temperaturen ausgesetzt sind.

Kommt die Asbestdichtung mit Wasser in Berührung, so ist es zweckmäßig, das Material mit Graphit, Bleiwasser oder Mennige zu tränken.

3. Im Handel erhält man Asbest entweder in Form von bis zu 1,2 cm dicken Platten, als Fäden oder als Seile und in Pulverform.

Neben der Verwendung als Dichtungsmittel benutzt man den Asbest mit der 5 bis 6fachen Menge Kieselgur als Isoliermaterial gegen Wärmestrahlung für Dampfkessel und Leitungen, Umhüllungen von Leitungsdraht, zu Schutzhandschuhen für Elektrotechniker und als Bodenbelag für Dynamomaschinen.

Für hitzebeständige Packungen wird Asbest zu Schnüren verarbeitet mit Einlage von Baumwollfäden oder Messing- und Bleidraht. Mit Gummi oder Wasserglas als Bindemittel dient Asbest zur Herstellung von Dichtungsplatten, Rahmen, Ringen gegen hohen Druck (Klingerit, St-Platten, Marine-Blockpackungen, Asbestpappe).

Bei dauernder Berührung mit Wasser oder Dampf findet ein allmählicher Zerfall des Asbestes statt, weshalb man ihn dann häufig mit einem dünnen Überzug von galvanischem Kupfer oder mit Kupferblech überzieht.

4. Feuersichere Seile werden meist aus Kap-Asbest, der in besonders langen Fasern vorkommt, hergestellt.

Asbestgewebe, z. B. Lampendochte, finden sich meist mit Rücksicht auf die Unverbrennbarkeit des Asbestes hergestellt.

Asbestfasern, mit Wasserglas auf Pappe befestigt, kommen unter der Bezeichnung Asbestpappe als Wärmeschutzmittel für Dampfrohrleitungen und für auch sonst der Hitze ausgesetzte Packungen in Anwendung.

IX. Kautschuk, Balata, Guttapercha.

1. **Kautschuk, Gummi** ist der eingetrocknete Milchsaft aus einer Anzahl Bäume der Hevea-Art, wie *Hevea guianensis*, *Hevea brasiliensis*, ferner *Siphonia elastica*, *Urceola elastica*, *Kickxia elastica*, die in Westindien, Ceylon, Süd- und Mittelamerika vorkommen und etwa 0,3% ihres Trockengewichts an Kautschuk enthalten. Ferner geben die in Panama und Venezuela gedeihenden Kautschukmisteln ganz ähnliche Produkte.

a) Zur Gewinnung des Kautschuks werden in die Rinde der Bäume ringförmige Einschnitte gemacht, der ausfließende Saft wird aufgefangen und durch Eintauchen von Tonformen oder mit Ton bestrichenen Holzkeulen in den Saft, auf diesen eine Gummischicht gebildet, die über einem viel Rauch entwickelnden Feuer getrocknet wird. Hat die Schicht durch wiederholtes Eintauchen und Trocknen eine genügende Stärke erreicht, so wird sie von der Form entfernt und bildet das sog. Rohgummi, das die Eigenschaft zeigt, sich an den Schnittstellen durch Druck wieder zu einer Masse vereinigen zu lassen. Die geschätzteste Sorte, das Paragummi, erscheint aus zahlreichen Schichten zusammengesetzt. Rohgummi hat eine mehr oder weniger dunkle Farbe.

Zum Reinigen wird das Rohgummi durch mit Zähnen besetzte rotierende Trommeln oder Schneidladen unter Wasserzufluß in Stücke zerrissen und ausgewalzt.

Rohgummi ist in der Wärme klebrig, in der Kälte hart, schmilzt bei 126° C und hat ein spezifisches Gewicht von 0,92 bis 0,96, während Hartkautschuk ein solches von 1,11 bis 1,15 besitzt und ein schlechter Leiter der Elektrizität ist.

b) Wenn man gereinigten und getrockneten Kautschuk auf einem Walzwerk, dessen eiserne Walzen hohl sind, so daß man sie durch Einlassen von Dampf erwärmen oder durch Wasser kühlen kann, mit Schwefelblumen oder fein gemahlenem

Schwefel zusammenmengt, so kann man, je nach der Menge des zugesetzten Schwefels durch nachherige Vulkanisierung Weichkautschuk oder Hartkautschuk erzeugen. Durch Vulkanisieren, das auch durch Vermengen von geschmolzenem Schwefel bei 120 bis 130° C erfolgt, wobei 1 bis 2% Schwefel gebunden werden, erhält man ein graues Produkt, dessen frische Schnittflächen nicht mehr zusammenkleben, das aber zwischen — 20° C und 100° C sehr elastisch ist. Das Vulkanisieren selbst erfolgt durch Behandlung mit Dampf in großen Kesseln. Im vulkanisierten Kautschuk ist stets ungebundener Schwefel vorhanden, der Metalle leicht angreift. Für viele Gebrauchszwecke findet daher ein Entschwefeln durch Natron- oder Kalilauge statt, wobei die Eigenschaften des vulkanisierten Kautschuks nicht verloren gehen.

In den meisten Fällen wird das Kautschuk mit anderen Körpern, wie Ton, Kreide, Zinkweiß, Glycerin, Leim usw., verbunden, teils um ihm eine gewünschte Färbung zu erteilen, teils um an Kautschukmaterial zu sparen.

Für Gebrauchsgegenstände wird das Gemisch von Kautschuk und Schwefel meist in Formen gepreßt und dann vulkanisiert.

c) Weichkautschuk dient als Dichtungsmittel für Wasser und Dampf bis $\sim 180^{\circ}$ C, als Kostschutzmittel von Schiffswellen und Leitungsröhren auf Seeschiffen, ferner als Material zu Ventilklappen, Membranen, zum Überziehen von Ballonstoffen, zu Pneumatik für Fahrräder und Automobile, Treibriemen, Schläuchen für Gase und Flüssigkeiten usw.

d) Hartkautschuk, Ebonit, wird aus mit Chlor gebleichtem und dann bei 145 bis 150° C während etwa 10 Stunden vulkanisiertem Kautschuk hergestellt und enthält häufig einen ziemlich hohen Schwefelgehalt.

Es findet außerordentlich vielseitige Verwendung für den Apparatebau der Schwach- und Starkstromtechnik, in der

Telegraphie, Telephonie, zum Bau von Wassermessergehäusen. In der Starkstromtechnik dient ein wärmebeständiger Hartkautschuk unter den Namen Isolast, Eisengummi zur Herstellung von Schalttafeln, Schleifkontakten für elektrisch betriebene Fahrstühle, ferner für Kraftwagenzündapparate.

e) Ein Ersatz für Ebonit, Errolith, ist in jüngster Zeit durch Ausnutzung der Zelleiber der Hefe mit ihren Bestandteilen an Eiweiß und zu feinsten Häuten angeordneten Zellulose hergestellt worden. Das aus trockenem Pulver unter Anwendung von hohem Druck und hoher Temperatur durch unmittelbare Pressung erzeugte Material, vom spezifischen Gewicht 1,33 bis 1,35, läßt alle Verwendungsmöglichkeiten des Ebonits zu.

Isolierte Montagewerkzeuge, Akkumulatoren, Isolatoren für elektrische Bahnen werden vielfach aus einem lederharten Hartkautschuk hergestellt. Gereinigter unvulkanisierter Kautschuk wird zu Isolierband für Kupferkabel verarbeitet.

f) Ein Gemisch von Kautschuk und Korkpulver wird Kamptulikon genannt. Kautschukgewebe bestehen meist aus abwechselnden Lagen von dünn gewalztem Kautschuk und Flach-, Hanf- oder Jutegeweben. Auch Nägel werden aus Hartkautschuk (Ferronit) angefertigt.

Für Überzüge von Metallgegenständen findet Hartkautschuk unter dem Namen Kautschukemail eine vielfache Verwendung.

Zum Ritten von Holz, Leder und Glas auf Metall verwendet man in geeigneten Lösungsmitteln gelöstes Kautschuk.

Wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit des Kautschuks dient das Material vielfach als Bekleidung für Ventilräder an Maschinen, Kesseln und Heizungen.

g) Besonders für die Umhüllung elektrischer Leitungskabel ist Kautschuk ein durch nichts zu ersetzendes Material.

α) Für trockene Räume kommen vorwiegend die Gummiablenkungen zur Verwendung, die in der Weise hergestellt werden, daß der kupferne Leitungsdraht verzinkt und mit Baumwolle umspunnen wird. Über die Baumwollhülle wird reines vulkanisiertes Paragummiband gewickelt, dies mit Baumwolle umspunnen und dann eine darüber liegende Umhüllung aus Hanf oder Baumwolle angeordnet.

β) Für unter Wasser zu verlegende elektrische Leitungskabel werden Gummiablenkungen verwendet. Bei diesen wird der Kupferleiter mit einer wasserdichten, vulkanisierten Gummihülle umpreßt und mit gummiertem Band umwickelt, über das eine imprägnierte Umflöppelung aus Baumwolle gebracht wird oder, was für manche Zwecke genügt, eine doppelte Besspinning mit Seide oder Baumwolle.

γ) Neben diesen allgemein verwendeten Umhüllungen fertigen manche Elektrizitätsfirmen besondere Hüllen an. Erwähnt sei der von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin gefertigte sog. Azetatdraht, der eine nahtlose Hülle aus Zelluloseazetat besitzt.

2. Balata ist, wie Guttapercha, ein dem Kautschuk ähnliches Material und wird als Saft eines in Guyana und Venezuela wachsenden Baumes gewonnen. Rohe Balata ist je nach der Baumart weiß oder hellrot bis fast schwarz, ziemlich schwammig und läßt sich nach dem Trocknen zu Platten walzen, der Schmelzpunkt liegt bei 150°C , es ist elastisch und biegsam und läßt sich sehr gut schneiden. Bei etwa 50°C wird es bildsam. An der Luft wird Balata leicht brüchig und verliert seine Elastizität. Wenn es auch ein schlechter Leiter für Wärme und Elektrizität ist und sich mit Schwefel vulkanisieren läßt, und dadurch ähnliche Eigenschaften wie Kautschuk erlangt, so steht es an technischem Wert diesem doch nach. Seine Anwendung beschränkt sich hauptsächlich auf Treibriemen, Förderbänder und Isolatoren.

3. Guttapercha, seit 1843 bekannt, ist der erstarrte Milchsaft einiger in Malakka und Sumatra vorkommenden Sapotazeen, speziell von *Palaquium oblongiferum* und *Palaquium bornense*.

a) Das Material, vom spezifischen Gewicht 0,96 bis 1, zeigt große Elastizität, steht aber darin dem Kautschuk nach. Rohre Guttapercha ist rötlichgelb, gereinigte dagegen weiß und schmilzt bei 100 bis 120° C.

Guttapercha ist ein sehr schlechter Leiter für Elektrizität und wasserdicht. In Schwefelkohlenstoff oder Chloroform ist es löslich, unlöslich dagegen in Alkohol, Aether und Wasser. Die Brüchigkeit an der Luft rührt von der Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft her.

Bei 25° C ist Guttapercha sehr biegsam, zwischen 50 und 60° C sehr plastisch und wird bei 100° C flebrig.

Um die Eigenschaft des Erweichens zu beseitigen, wird Guttapercha durch Mischen mit Zinkoxyd oder unterschwefligsaurem Blei unter gleichzeitigem Erhitzen auf 140° C vulkanisiert.

b) Gereinigte Guttapercha läßt sich walzen, zu Platten und Bändern zerschneiden und zu Röhren pressen. Unter Wasser ist es unverwüßlich. Es findet Hauptanwendung als Isoliermasse für unterseeische und unterirdische Telegraphenkabel, für Spritzen, Pumpen, Treibriemen, für Maschinentreibriemen und dient oft als Ersatz für Leder, wenn es auf Widerstandsfähigkeit gegen Alkalien, Chlor und Säuren ankommt. Außerdem wird es vielfach als Überzugmaterial für Walzen und, in Benzol gelöst, auch für Leder verwendet.

X. Rohle und Graphit.

1. Der bei etwa 3500° C im elektrischen Stromkreis schmelzende Kohlenstoff findet entweder in der amorphen Form oder in der kristallinen Form als Graphit Verwen-

dung, der sich an vielen Stellen der Erde findet. Der Graphit, vom spezifischen Gewicht 1,04 bis 1,8, hat eine tiefschwarze bis bleigraue, glänzende Färbung und findet sich in größeren Stücken, in der geschätztesten Form als Blättchengraphit.

Die gewöhnlichen Sorten finden in gemahlener und geschlämmter Form Verwendung zur Graphittiegeln. Wegen seiner elektrischen Leitungsfähigkeit dient Graphit als Elektrizitätsleiter in der Galvanoplastik und ferner trocken oder mit fettigen Substanzen gemischt als Schmiermaterial (vgl. S. 140).

2. Die künstlich hergestellte Kohle findet ihre Hauptanwendung in der Elektrotechnik als Bogenlampenkohle und Glühlampenkohle, außerdem als Dynamobürsten; im allgemeinen Maschinenbau hat Kohle in neuerer Zeit in manchen Fällen als Abdichtungsmaterial gegen hohen Dampfdruck in Stopfbüchsen von Dampfturbinen usw. Verwendung gefunden.

Die künstliche Kohle für Bogenlicht kommt als Homogenkohle und Dochtkohle zur Anwendung, die letztere in vorwiegendem Maße. Die Kohlen werden meist in runder Form hergestellt, indem aus sehr feinem Retortenkohlenpulver unter Zusatz von kohlehaltigen Bindemitteln wie Sirup oder Teer durch scharfes Brennen in besonderen Öfen eine sehr dichte und gleichmäßige Kohle erzeugt wird. Als Rohmaterial dienen Graphit, Koks, Retortenkohle, Ruß und Anthrazit, die zunächst in Kollergängen oder Kugelmühlen gemahlen, mit heißem Teer gemengt und dann durch Aneten zwischen den Walzen eines Kalanders zu einer kittartigen Masse von größter Gleichmäßigkeit und Zähigkeit verarbeitet werden. Die Masse wird dann in hydraulischen Pressen mit geeigneten Mundstücken zu Stäben ausgepreßt und hierauf in Tiegeln gebrannt. Die so erhaltene Homogenkohle zeigt leicht ein ungleichförmiges Licht und brennt ungleichmäßig

ab. Eine wesentliche Verbesserung ist in der Dochkohle gefunden worden, bei der ein Kern aus weicherem und leichter abbrennbarem Kohlenmaterial als der Mantel vorhanden ist. Der Docht wird aus Graphit, Borsäure und Wasserglas hergestellt und häufig mit verschiedenen Salzen, z. B. Fluorkalzium, versetzt, um besondere Farbentönungen des Lichtbogens zu erzielen.

3. In den letzten Jahren sind meist an Stelle der Kohlenfäden für Glühlampen solche aus Osmium und Tantal und Wolfram verwendet.

Osmium, das schwerste Metall, vom spezifischen Gewicht 22,48, in Platinerzen als Osmium-Iridium vorkommend und das bisher nicht geschmolzen werden kann, ist ein graues, pulverförmiges Material oder erscheint in kleinen bläulichweißen Kristallen.

Zur Herstellung des Glühfadens wird Osmium mit organischen Bindemitteln zu einem zähen Teig gemischt und unter hohem Druck durch aus Edelfsteinen hergestellte feine Öffnungen zu Fäden gepreßt. Das beigemengte Bindemittel muß verkohlt werden, was durch Glühen unter Luftabschluß erfolgt.

Tantal wird bei etwa 2300° C von Siemens & Halske rein hergestellt.

Außer Osmium, Tantal und Wolfram haben noch andere seltene Erden, wie Thororyd, Zirkonerde in der Form von Zirkondioxyd, Anwendung als Glühfäden in der Kernstromlampe gefunden, ebenso Porzellanerde und Magnesia.

Die genannten Körper zeigen die Eigenschaft, daß sie bei einer Temperatur von 600 bis 700° C gute Leiter der Elektrizität sind, jedoch nicht im kalten Zustande.

Die Herstellung dieser Materialien zu Glühfäden erfolgt in der Weise, daß sie in teig gem Zustande durch feine Öffnungen gepreßt und dann getrocknet und gebrannt werden.

4. Graphit. a) Natürlicher Graphit ist kristallisierter Kohlenstoff, dessen Hauptgewinnungsorte in Sibirien, Ceylon, Madagaskar, Kanada, Kalifornien, Neuseeland, Grönland liegen, in Deutschland in Bayern, der aber vor seiner Verwendung auf chemischem Wege durch Säuren, Kaliumchlorat, Natriumfluorid, Soda, Schwefel oder auf mechanischem Wege durch Mahlen, Separieren, Winddruck, Schlämmen gereinigt werden muß.

b) Für technische Zwecke hat Graphit der größeren Reinheit wegen nur in künstlicher Form Bedeutung.

α) Für die Herstellung werden Karborundum oder Anthrazitkohlen im elektrischen Ofen auf $\sim 4000^{\circ} \text{C}$ geglüht, wobei die unreinen Bestandteile verdampfen. Der aus Karborund hergestellte Graphit ist sehr leicht und fühlt sich fettig an, der aus Anthrazit hat härteren Charakter, ohne sich fettig anzufühlen. Das sehr feine Pulver wird in weichem Wasser im Mastikator, der mit hoher Drehzahl umläuft, mehrere Tage durchgeknetet, dann Ammoniak und Tannin hinzugefügt und die entstehende Emulsion in einen Behälter abgelassen, in dem sie ein paar Tage bleibt. Die gröberen Teile schlagen sich nieder, die kleineren bleiben in der Schwebel. Diese Lösung wird in Filterpressen zu einer teigigen Masse konzentriert, dann wieder mit Öl oder Wasser durchgeknetet, um noch einmal in Filterpressen konzentriert zu werden. Die Wasserpaste heißt im Handel Aquadag, die Ölpaste Öldag.

β) Künstlicher Graphit wird vorwiegend zu Elektroden verarbeitet, die chemisch sehr widerstandsfähig sind.

Für Kohlenstifte und Elektroden dient der billige Retortengraphit, ein festes, kohlenstoffreiches Material, das sich bei der Leuchtgasherstellung an den glühenden Retortenzwänden bildet und sich in festen und dichten Schichten abscheidet. Für bessere Erzeugnisse wird der natürliche oder künstliche Graphit benutzt.

In der Galvanoplastik dient der Graphit, um die Matrizen leitend zu machen.

Graphittiegel in Gießereien bestehen aus einer Mischung von Graphit und reinem feuerfesten Ton mit hohem Siliziumgehalt. Graphit ist zwar unschmelzbar, aber nicht unverbrennlich. Graphit als Schmiermaterial s. S. 140.

XI. Seide.

Die technische Anwendung der Seide beruht auf ihrer Eigenschaft, ein schlechter Wärmeleiter und Elektrizitätsleiter zu sein, sie findet deshalb vielfache Verwendung als Isolierungsmaterial für Dampfrohrleitungen und Umhüllungsmaterial für elektrische Leitungen.

Die Seide stellt den Gespinnstfaden dar, aus dem die Seiden- oder Maulbeerspinnerraupe den Kokon bereitet. Der Stoff der Seidenfaser, das Fibroin, wird aus zwei Drüsen am Kopfe der Raupe abgeschieden und durch eine klebende Substanz, Sericin, zu einem Faden verarbeitet, der von dem Tier hervorgesponnen wird.

Die gelbe Rohseide, die für technische Zwecke in Frage kommt, wird dadurch erzeugt, daß mehrere Kokonsfäden zusammen abgehaspelt werden, und stellt den einzigen Faden dar, der nicht durch den Spinnereiprozeß gewonnen wird. Wird der einfache Seidenfaden benutzt, so muß man ihm erst durch Drehung Zusammenhang und Rundung geben.

Von der jährlichen Produktion von etwa 10 000 000 kg Seide liefert Ostasien etwa die Hälfte, Italien ein Drittel.

XII. Wärmeschutzstoffe.

1. Durch Spannungsabfall und Kondensation des Dampfes in Dampfzylindern, Rohrleitungen und Dampfkesseln treten um so stärkere Wärmeverluste auf, je kleiner die Dampfgeschwindigkeit, je höher der Temperaturunterschied zwischen

der Außenluft und dem Dampf und je größer die Abkühlungsfläche ist.

Alle Wärmeschutzmassen sind schlechte Wärmeleiter, und durch Verwendung guter Schutzmaterialien kann der Wärmeverlust auf 0,5 bis 1° C für 1 m Rohrlänge vermindert werden, d. h. auf $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ seiner gewöhnlichen Höhe.

Luft, an sich ein schlechter Wärmeleiter, kann nur dann wirksam sein, wenn ihre Zirkulation verhindert werden kann, was im allgemeinen schwierig ist.

Die zu umhüllenden Oberflächen müssen vor Aufbringung der Schutzmasse gut gereinigt werden und das Schutzmaterial muß außer geringem Gewicht gegen höhere Temperatur und besonders auch gegen Feuchtigkeit unempfindlich sein. Die Wärmeschutzmassen werden im festen oder teigigen Zustande auf die zu schützenden Oberflächen befestigt.

2. Vielfach verwendete Wärmeschutzmassen sind:

a) Kieselgur, in Form von Schnüren oder Platten, gebrannten Formstücken, aus einem mit Korkstücken gebrannten Gur hergestellt, wie das sog. Diatomit, ist sehr porös und leicht oder in teigigem Zustande, läßt sich bis zu sehr hohen Temperaturen verwenden, muß aber, um nicht mit der Zeit zu zerfallen, mit Asbestfasern vermengt werden, Kokosfasern und Kuhhaare sind nur bis etwa 157° C anwendbar.

b) Schlackenwolle, eine watten- oder wollenähnliche Masse, die durch Einleiten von gespanntem Wasserdampf oder eines starken Luftstroms in basische, nicht zu flüssige Schlacke hergestellt wird.

c) Holzkohlenpulver, Kalk und auch Gips dienen ebenfalls in manchen Fällen als Wärmeschutzmassen.

d) Seidenzöpfe oder Seidenpolster sind für niedrigere Temperaturen ein gutes Isolationsmittel, etwa bis 175° C.

e) Lehm wird zunächst dünn, etwa 5 mm stark, aufgetragen und dann im teigigen Zustand bis zu einer Stärke von

25 bis 40 mm aufgestrichen. Um die dünne, erste Lehmschicht werden häufig Strohköpfe spiralförmig aufgewunden und mit Lehm bedeckt, darüber wird ein Überzug von starkem Papier oder Sackleinwand gelegt.

f) Korksteine oder Korkschalen, Korkmehl, Blätterholzkohle, Sägemehl von halbzylindrischer Form werden auf Rohrleitungen durch Draht befestigt und dann umkleidet. Korkmasse mit geeigneten Beimengungen wird in die verschiedensten Formen gebracht.

Gepreßte Korkplatten dienen höchst wirksam zur Schall-, Wärme- und Trockenisolierung für Maschinen, Belag von Schiffswänden usw.

g) Filz aus Kuhhaaren in Form von Platten wird durch Umwicklung von verzinktem Draht oder mit besonderen Stoff-, Holz- oder Metallbekleidungen befestigt.

h) Die Schutzmasse von Weinlig besteht aus 3 Teilen Sand und 2 Teilen Lehm.

Die Schutzmasse von Leroy ist zusammengesetzt aus 30 Teilen Kuhhaaren, 30 Teilen Asche, 10 Teilen Kalkstein, 25 Teilen Ton und 35 Teilen Steinkohle.

In der Regel werden für Dampfleitungen verwendet eine 20 mm dicke Korkisoliermasse mit 10 mm Filz darüber und einem Blechmantel, ferner 40 mm starke Korksteinschalen und 8 mm Asbest darüber, dann Kieselgurschnur, Knochenaschemasse, Torfschalen mit Asbestunterlage, Asbestseidenformstücke mit Asbestunterlage.

3. Im Freien liegende Dampfleitungen müssen gegen die Feuchtigkeit der Atmosphäre noch durch einen entsprechenden Anstrich von Asphaltlack oder Mennige geschützt werden.

Asbest vgl. S. 109.

Eine noch bessere Isolierung erhält man, wenn man zwischen der Wärmeschutzmasse und der zu schützenden Oberfläche einen luftdichten Metallmantel anordnet.

XIII. Isolierstoffe der Elektrotechnik.

Die Anzahl der auf dem Markt befindlichen Isolierstoffe ist so außerordentlich groß, daß nur in beschränktem Umfange eine Aufzählung stattfinden kann.

Die hauptsächlichsten diesen Zwecken dienenden Stoffe sind: Asbest, Asphalt, Baumwolle, Emaillen, Leinen, Papiere und Tuche in besonderer Bearbeitung, Porzellan, vulkanisierter Kautschuk (Ebonit), Guttapercha, Glimmer, Preßspan, Vulkanfaser, Schiefer.

Im Dynamomaschinenbau kommen für niedrige Spannungen besonders Preßspan, für hohe Spannungen auf Papier oder Leinwand meist mit Schellack befestigte und in Formen gepreßte Glimmerpräparate verschiedenster Ausführung, wie Mikanit u. a., zur Anwendung.

Die aus obengenannten Stoffen hergestellten isolierenden Schichten erhalten noch Überzüge, die den Schutz gegen Feuchtigkeit bezwecken, Bech, Asphalt, Seifenstein, Paraffin usw., außerdem durch Isolierlacke, vorwiegend Lösungen von Harzen wie Kolophonium, Asphalt, Teer, Gummi, Schellack in verschiedenen Flüssigkeiten, wie Terpentin, Benzin, Naphtha, Schwefelkohlenstoff.

Für Leitungsdrähte niedriger Spannung dient häufig eine nachgiebige, gegen Feuchtigkeit und Temperaturen bis 250° C unempfindliche Emaille als Schutzschicht, die sehr dünn hergestellt werden kann.

Durch Gummi isolierte Kupferdrähte werden zweckmäßig verzinkt, für höhere Spannungen und größeren Drahtquerschnitten erhält außerdem jeder Draht eine Baumwollumhüllung.

Ähnliche Zwecke erfüllen mit Lack getränktes Papier, Leinwand und ähnliche Stoffe.

Die folgende Zusammenstellung gibt eine kleine Auswahl

von vorhandenen Isolierstoffen und ihren Zusammensetzungen.

Abt	Masse aus Silikaten und Harzen und Kopalen, für 60—70° C	Ladit	Imprägniertes und ladiertes Papier
Ambroin	Schutzkästen, Magnetspulenkästen	Margolit	Papier mit Glimmer für Isolierrohre
Amiamit		Megohmit	
Asbest-, Zementplatten	Schalttafeln	Megotale	Glimmerplatten mit isolierendem Lad verklebt
Australit	Zum Ausfüllen von Luftzwischenräumen in Wicklungen	Micasolium	
Carnit		Monit	
Compound		Olleinen, Olpapier	
Eburin		Pertinax	Klemmenbretter, Isolierbuchsen, in Plattenform
Erzelsior	Büchsen, Scheiben, Griffe, Hörmuscheln	Pilit	Preßteile
Faturan	Isolierstoff aus Gaze, Leinen, Pappe, Seide		
Festonit	Kleinere Schalttafelgrundplatten	Pulvolit	Glimmer mit Bindestoff
Fizit	Für Schalt- und Zähler- tafeln, Motorklemmen, Kabeischuhe, Handräder usw.	Pyrostat	
	Galalith	Asbest mit Bindemitteln	Resistan
Glimmerleinen	Kunsthorn	Trauns Eisengummi	
Gummon	Bis 100° C brauchbar	Turbomic	Gepreßter Asbest
Heliofit		Preßteile	
Isolast	Stangen, Rohre, Formteile	Viafonit	Durch hohen Druck und chemisch behandelte Pflanzenfaser, läßt sich wie Holz bearbeiten
		Bitrit	
		Vulkanfiber	Für Abzweig- und Sicherungskästen
		Benjact	

XIV. Leder.

1. Naturleder. Durch verschiedene Prozesse (Gerbprozesse) wird die tierische Haut so verändert, daß sie unter Erhaltung ihrer wesentlichsten Eigenschaften große Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse aufweist.

a) Das beste Material für Maschinenriemen ist die Haut aus der Wirbelbahn junger Ochsen. Kuh- und Stierhäute geben ein minderwertigeres Leder. Häute anderer Tiere, wie Wallrosse, werden selten verwendet.

Für gutes Treibriemenleder ist nur der dicke Kern (Croupon), zu einer flachen sog. Kerntafel ausgebreitet, 1,2 bis 1,5 m lang und fast ebenso breit, verwendbar. Die Dicke der Haut beträgt nahe dem Rückgrat etwa 5 mm, auf den Flanken 8 mm, selten mehr.

Die aus der Haut durch Bohgerberei oder Chromgerberei gewonnenen Bahnen müssen gestreckt werden, wobei die Länge um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ zu-, die Dicke etwa um 1 mm abnimmt. Der festeste Teil des Leders liegt auf $\frac{1}{3}$ der Dicke von der Fleischseite aus, die man bei einfachen Riemen auf der Scheibenoberfläche laufen läßt.

Nachteilige Beschwerungsmittel für Leder sind Schwefelspat und Traubenzucker.

Näh- und Binderriemen werden aus fettgarem Leder aus geschwitzten oder gefalkten Rindshäuten hergestellt. Für feuchte und warme Räume haben sich Riemen aus Chromleder bewährt, die große Festigkeit mit Weichheit vereinigen.

Rundriemen von 2 bis 10 mm Durchmesser werden entweder durch Rundhobeln von Riemen oder auch durch in Schraubenwindungen aufgerollte Riemen bis 16 mm Durchmesser erzeugt.

Gliederriemen sind aus kleinen Lederlaschen nach Art der Gelenkketten zusammengesetzt, Keilriemen meist aus 2 bis 3 Lagen verkitteter oder verleimter Lederstreifen.

Bei der Behandlung der Lederriemen im Betriebe ist darauf zu achten, daß zur Einfettung keine harzhaltigen Stoffe verwendet werden, sondern nur warmer Talg oder Tran. Maschinenöl, überhaupt alle mineralischen Öle und Fette, sind dem Lederriemen nachteilig. Von Zeit zu Zeit sind Riemen mit warmem Wasser durch eine Bürste zu reinigen.

b) Zu Dichtungen aus Leder in Stulpform (Manschetten) wird meist in Scheiben geschnittenes Chromleder verwendet, das man nach Aufweichung in Glycerin oder Wasser

über Holz- oder Metallformen preßt und in ihnen trocknen läßt. Man legt meist die Fleischseite auf die abzudichtenden Flächen. Eine gute Abdichtung läßt sich auf die Dauer erreichen, wenn die Temperatur der abzudichtenden Flüssigkeiten etwa 60°C nicht überschreitet.

2. Kunstriemen. Alle Kunstriemen stehen an Dauerhaftigkeit dem Kernlederriemen bedeutend nach. Am verbreitetsten sind Baumwollriemen und Gummiriemen.

a) Baumwollriemen werden aus guter gezwirnter Baumwolle hergestellt, sie strecken sich mehr als Lederriemen, sind aber sehr schmiegsam. Billige Baumwollriemen sind gegen atmosphärische Einflüsse sehr empfindlich und müssen daher stets gut mit Fett durchtränkt sein.

b) Gummiriemen aus Balata oder Kautschuk (vgl. S. 111) haben in ihrem Inneren eine oder mehrere Einlagen aus Baumwolle oder Leinwand, sie sind gegen Feuchtigkeit weniger empfindlich, ebenso gegen Dämpfe und Säuren, auch längen sie sich weniger als Baumwollriemen.

c) Faserseile werden aus Hanf oder Baumwolle erzeugt. Die Triebseile werden mit rundem oder annähernd eckigem Querschnitt hergestellt. Runde Seile bestehen meist aus drei aus zusammengedrehten Fäden zusammengesetzten Lizen. Quadratseile entstehen durch Zusammensetzen mehrerer Lizen.

Hanfseile besitzen etwas größere Zugfestigkeit als Baumwollseile, sind jedoch weniger schmiegsam als diese. Manilahanf ergibt die leichtesten Hanfseile.

3. Rohhaut wird hauptsächlich als Material für die Zähne von Zahnrädern benutzt, wenn es bei hoher Umdrehungszahl auf geräuschlosen Gang ankommt. Rohhaut wird nach einem besonderen Verfahren aus gesalzene Büffelhäuten hergestellt. Rohhautscheiben, durch ein Bindemittel unter hohem Druck zusammengepreßt, lassen sich ganz wie ein Eisenrad

bearbeiten. Rohhaut ist bedeutend zäher als Leder und besitzt eine bedeutend längere Dauer. Für dies Material läßt sich Wasser mit gutem Erfolge als Schmiermittel benutzen. Daneben bildet Rohhaut ein sehr gutes Dichtungsmittel gegen hydraulischen Druck statt Leder und Hanf. Es ist zwar fünfmal teurer als letzterer, hält sich jedoch 6 bis 8 mal solange.

Rohhaut findet außerdem Verwendung als Überzug über die Lauffläche von Riemenscheiben, um das Gleiten zu verhindern. Es ist ebenfalls ein ausgezeichnete Ersatz für Ledertreibriemen, da es nie hart wird und auch höhere Festigkeit besitzt. Besonders bestehen runde Treibriemen häufig aus Rohhaut, ebenso eignet sie sich vortrefflich für die Ausfütterung von Drahtseilscheiben. Als Bekleidung von Bandagen der Automobile soll sie sich gut bewährt haben.

XV. Asphalt, Teer, Pech, Wasserglas, Talkum.

1) Asphalt, ein mineralischer Stoff und eine Umwandlungsform des Erdöls, von harziger Beschaffenheit, findet sich entweder auf einigen Seen schwimmend oder als Tränkung in Kalksteinen; als künstlichen Asphalt bezeichnet man auch wohl stark eingekochten Steinkohlenteer oder Rückstände bei der Teerdestillation.

Als reinsten Asphalt gilt der auf Trinidad gefundene, sog. Gudron oder Asphaltmastix.

Asphalt dient vorwiegend als Anstrich von Röhren und als Isolationsmittel gegen Feuchtigkeit und in der Elektrotechnik, so z. B. in manchen Fällen für Telegraphendrähte, als Schutzüberzug für Papierröhren usw.

Asphaltbeton, ein Gemenge von Asphaltmastix und Kieselfsteinen, wird zur Herstellung von Fundamenten für Maschinen, die starke Stoßwirkungen ausüben, benutzt.

Ferner ist Asphalt noch ein wichtiger Bestandteil in einer großen Anzahl von Lacken, Firnissen und Farben.

2) Teer, das Produkt sehr zahlreicher organischer Körper bei Luftabschluß, kommt für technische Zwecke als Holz-, Torf-, Braunkohlen- und Steinkohlenteer zur Anwendung.

Holzteer wird bei der Verkohlung harzreicher Nadelhölzer gewonnen, Torfteer durch trockne Destillation des Torfes und Kohlenteer auf dieselbe Weise aus Braun- oder Steinkohle.

Die Hauptverwendung hat Teer als Anstrich von Röhren, Tränkungs mittel für Hanfseile, Abdichten (Kalfatern) von Schiffen und als Bestandteil von Lacken.

3) Pech, durch Erhitzen von Holz- oder Steinkohlenteer, wobei die flüchtigen Bestandteile verdampfen, dient ähnlichen technischen Zwecken wie Teer und für wasserdichte Ritze und ähnlichen Zwecken.

4) Wasserglas, ein in Wasser löslicher, luftbeständiger Stoff, besteht aus kiesel saurem Kali oder kiesel saurem Natron, oder einem Gemisch beider, dem Doppelwasserglas, dient als Bindemittel für Ritze, Farben und Glasuren und zur Herstellung des basischen Futters der Öfen bei der Eisengewinnung nach dem Thomas = Gilchrist = Verfahren. Wasserglasanstriche machen brennbare Körper, Holz, Leinwand, Papier usw., weniger leicht entzündlich.

5) Talkum, ein weich und fettig anzuführendes Magnesia-silikat, durch Wasser nicht angreifbar und schwer schmelzbar, dient für die Herstellung mancher elektrischer Isolationsmittel, als Beimengung verschiedener Dichtungsmittel, in Pulverform zur Streckung von Schmierölen usw.

XVI. Erden und Steine.

1. Erden. Für technische Zwecke dieses Buches kommen Ton und Lehm in Frage.

a) Ton ist kiesel saure Tonerde mit Wassergehalt, meist gemischt mit Kalkstein, Eisenoxyd und Sand. Zur Herstellung

feuerfester Steine wird der fette Ton mit Quarz, Sand und Schamotte (scharf gebranntem grob- oder feinkörnigen feuerfesten Ton) magerer gemacht. Ton entsteht durch Verwitterung von feldspatreichen und kieselsäurearmen Gesteinen, aus Ton-schiefer, tonigen Sandsteinen und Mergel.

Trockner Ton saugt Fett stark auf.

b) Lehm, für Gießereizwecke verwendet, ist ein durch Eisenoxydhydrat gelb oder braun gefärbter sehr magerer Ton mit größerem Sandgehalt.

2. Steine und die zu ihrem Ersatz sowie die zur Verbindung von Steinen dienenden Stoffe finden im Maschinenbau für die Herstellung von Maschinenfundamenten, Schornsteinen, Kessleinmauerungen usw. weitgehende Verwendung, ebenso feuerfeste Materialien, wo hohe Temperaturen auf das Steinmaterial einwirken.

Je nach der Gewinnung sind natürliche und künstliche Steine zu unterscheiden.

a) Natürliche Steine, meist zur direkten Aufnahme der von stark belasteten Maschinenteilen herrührenden Beanspruchungen bestimmt, werden stets als Haussteine verwendet.

Der härteste und festeste natürliche Stein ist der Granit, ein Gemenge aus Quarz, Glimmer und Feldspat, dessen Härte mit seiner Feinkörnigkeit steigt. Ihm am nächsten steht in bezug auf Festigkeit der Kalkstein (Kalziumkarbonat).

Sandstein, im wesentlichen aus Quarzsand bestehend, besitzt die geringste Festigkeit.

Für die Zwecke des Maschinenbaues kommen wesentlich Druckbeanspruchungen in Frage, denen Granit am besten widersteht.

b) Künstliche Steine sind für Konstruktionen des Maschinenbaues hauptsächlich die gebrannten Ziegelsteine, die in Zementmörtel vermauert werden.

Das Rohmaterial für Ziegelsteine ist der Ziegelton (kiesel-saure Tonerde), aus der durch Formen, Trocknen und Brennen der poröse Ziegelstein hergestellt wird, dessen Durch-schnittsgewicht bei dem Normalformat $25 \times 12 \times 6,5$ cm etwa 3,2 bis 3,4 kg beträgt. Ein Kubikmeter Ziegelmauerwerk enthält etwa 400 Steine.

c) Das verwendete Bindemittel, der Zementmörtel, besteht aus viel Ton enthaltenden Kalksteinen, die gebrannt und feingemahlen sind, mit dem etwa dreifachen Volumen Sand gemischt.

Der Zement wird unter dem Namen Romanzement aus dem natürlichen Gestein hergestellt; künstlich aus Kalk und Ton gemischt, erhält man den festeren Portlandzement.

Mit Wasser angerührt und auch unter Wasser erhärtet der Zement, wozu jedoch zur Erreichung der größten Festigkeit oft viele Jahre erforderlich sind, während das Abbinden oder Festwerden nach einigen Wochen eintritt.

Reiner Zement nur mit Wasser angerührt dient in manchen Fällen als Rostschutzmittel und zum Untergießen von Maschinenteilen auf dem Fundament.

Als Ersatz für die natürlichen Steine kommen auch vielfach Gemenge von Sand, Zement und Kies zur Verwendung, die in bestimmte Formen gebracht werden oder als Ersatz von Ziegelmauerwerk in Holzverschalung eingestampft werden (Stampfbeton).

Zement, Zementmörtel und Stampfbeton besitzen annähernd dieselbe Druckfestigkeit wie guter Sandstein.

Kalkmörtel, ein Gemisch von Sand und gebranntem Kalk, 4 bis 2 zu 1, kommt für die Herstellung von Fundamenten für Maschinenteile nicht in Frage, da seine Widerstandsfähigkeit gegen Druckbeanspruchungen nicht genügend groß ist.

Alle in Beton oder Zement ausgeführten Bauteile müssen vor der Berührung mit Öl geschützt werden, da dadurch ein Erweichen des Materials herbeigeführt wird; auch Säuren rufen nachteilige Wirkungen hervor.

d) Die feuerfesten Steine müssen ebenfalls in natürliche und künstliche geschieden werden.

α) Ein natürlicher, feuerfester Stein ist der sog. Puddingstein, der aus abgerundeten Quarzstücken mit kieseligem Bindemittel besteht und hauptsächlich in Belgien und England gefunden und für die Böden der Hochöfen verwendet wird.

β) Künstliche feuerfeste Steine werden in verschiedenen Arten hergestellt.

Zum Ausmauern von Kesselfeuerungen dienen feuerfeste Ziegel oder Tonschamottesteine, aus feuerfestem reinen Ton hergestellt, der mit gebranntem, gestoßenem Ton versetzt wird.

Anderere feuerfeste Steine, die durch Erhitzen von Dolomit oder Magnesit gewonnen werden, dienen hauptsächlich bei der Erzeugung des Eisens.

Schmelzpunkte einiger feuerfester Steine sind:

Schamottestein . . .	1555—1725° C
Bauxitstein	1565—1785° C
Magnesitstein . . .	2165° C
Kaolinstein	1735—1740° C

Die aus Quarzit hergestellten Dinassteine werden beim Bau von Martinöfen, die nach dem sauren Verfahren arbeiten, verwendet, während Magnesitsteine besonders zum Schutz gegen den Angriff von Alkalien und bei den höchsten Temperaturen widerstehende basische Baustoffe benutzt werden.

Kohlenstoffsteine, aus 4 Teilen gemahlenem Koks und 1 Teil Teer hergestellt, finden ihrer Härte, Dichtigkeit und Feinkörnigkeit wegen beim Bau von Hochöfen für deren Böden Verwendung, während Karborundumsteine und die aus 3 Teilen scharf gebranntem, 1 Teil schwach gebranntem Dolomit und 18 bis 20% Teer hergestellten Dolomitsteine für die Böden der Thomaskonverter und die heißesten Stellen der Martinöfen und elektrischen Schweißöfen verwendet werden.

Dritter Abschnitt.

Betriebsstoffe.

I. Die Schmiermittel.

1. Der Zweck aller Schmiermittel ist, die unmittelbare Annäherung von zwei aufeinander gleitenden festen Körpern durch Zwischenlagerung des Schmiermaterials zu hindern und die durch die Reibung entstehende Abnutzung und Erwärmung und die Arbeitsverluste, die als Folge auftreten, zu vermindern.

Die an Schmiermittel zu stellenden Anforderungen sind neben der Reinheit eine genügende Schlüpfrigkeit (Adhäsion), Säure- und Wasserfreiheit, sowie hinreichende Flüssigkeit (Viskosität). Daneben müssen gute Schmiermaterialien gegenüber den Änderungen der Temperatur, des Drucks und der Einwirkung der Atmosphäre möglichst unverändert bleiben. Ihr Gefrierpunkt muß, dem Verwendungszweck entsprechend, niedrig genug liegen und ihr Entflammungspunkt so hoch, daß Entzündung selbst unter ungünstigen Verhältnissen nicht eintreten kann.

Je nach ihrer Gewinnung unterscheidet man pflanzliche (vegetabilische), tierische (animalische) und mineralische

Schmiermaterialien, nach ihrer physikalischen Beschaffenheit Öle, Fette, Starrschmiere usw., wobei zwischen Ölen und Fetten keine scharfen Grenzen zu ziehen sind.

2. Die Pflanzenöle und Fette, durch Auspressen oder durch Ausziehen mit Schwefelkohlenstoff aus den Pflanzen gewonnen, werden unter dem Einfluß der Luft leicht ranzig und verharzen in höherem oder geringerem Maße, zerfallen sich leicht unter hoher Temperatur und müssen durch Schwefelsäure, die sorgfältig wieder entfernt werden muß, gereinigt werden. Die Farbe der gereinigten Pflanzenöle und Fette ist meist hellgelb.

a) Rüböl hat eine gute Schmierfähigkeit, wird vielfach verwendet, ist billig, wird aber leicht ranzig und zeigt Neigung zum Verharzen. Es erstarrt bei etwa -5°C und kommt oft mit anderen Ölen vermischt in den Handel.

b) Baum- oder Olivenöl übertrifft das Rüböl an Schmierfähigkeit, enthält oft viel freie Fettsäuren, verharzt aber nicht. Raffiniert dient es zum Schmieren feinerer Maschinen und wird seines hohen Preises wegen oft mit billigeren Ölen verfälscht, wodurch die Güte des Öls stets vermindert wird. Das spezifische Gewicht ist 0,92.

c) Rizinusöl harzt leicht, ist zähflüssig und wird in manchen Fällen verwendet.

d) Palmöl, aus den Früchten der in Westafrika und Neuguinea wachsenden Ölpalme gewonnen, wird zur Beseitigung seiner Färbung meist gebleicht verwendet, es läßt sich für viele Zwecke unmittelbar benutzen, muß eigentlich als Fett bezeichnet werden, da es schon bei etwa 36°C erstarrt.

e) Palmkernöl wird aus den Kernen der Ölpalme gewonnen.

f) Kokosöl, Kokosnußöl, Kokosbutter wird aus den Fruchtkernen (Kopra) der Kokospalme gewonnen und ist für gewöhnliche Zwecke direkt nach der Pressung zu benutzen, für

bessere Schmierzwecke dagegen muß es gereinigt und geruchlos gemacht werden. Der Schmelzpunkt liegt bei etwa 25° C, es wird aber an der Luft leicht ranzig.

g) Süßmandelöl ist raffiniert ein gutes Schmiermaterial für Uhrwerke und feinere Instrumente.

3. Die tierischen Fette werden aus dem Rohmaterial durch Ausschmelzen oder durch Ausziehen mit Benzin gewonnen. Die ausgedehnteste Verwendung findet der Talg, das aus den Fettmassen der Bauchhöhle der Wiederkäuer gewonnene Produkt. Talg findet vorwiegend Verwendung für die Schmierung von Kolbendichtungen und Stopfbüchsen und zum Einsetzen von Ledertreibriemen. Für feinere Zwecke wird der Talg raffiniert. Er darf keine Schwefelsäure enthalten.

a) Rindertalg ist fast weiß, oft gelblich. Guter Talg für Schmierzwecke ist hart und wird vielfach verfälscht, ähnlich diesem Material ist Ziegentalg.

b) Hammeltalg wird leicht sauer und ist härter als Rindertalg.

c) Schweinefett (Schweineschmalz) ist weiß, wird aber an der Luft schnell gelb. Bei Einwirkung von Luft und Licht wird es leicht ranzig und findet daher nur in sehr beschränktem Maße Verwendung.

d) Walratfett aus Walratöl (Spermazeti), wird zur Herstellung von Wagenfett verwendet, während das Walratöl ein sehr gutes Schmiermaterial für feinere Maschinen ist, da es nicht trocknet und nicht ranzig wird.

e) Knochen (Klauen)öl, aus Schafs-, Rinds- und Pferdehufen erzeugt, ist sehr schlüpfrig, wird nicht ranzig und trocknet nicht. Verwendet wird es wegen seines hohen Preises für Uhren und feine Instrumente, unterliegt aber vielen Verfälschungen. Knochenfett dagegen, ein aus den Knochen aller Tiere gewinnbares Fett, dient meist zur Fabrikation von Wagenfetten, da es nicht ranzig wird.

Talgöl und Schmalzöl dienen zum Schmieren empfindlicherer Maschinenteile und werden häufig mit Mineralölen gemischt.

4. Die Mineralöle werden entweder als Rückstände bei der Destillation des Rohnaphthas gewonnen, oder als sog. Teeröle bei der trockenen Destillation von Stein- oder Braunkohle und Torf. Während das amerikanische Rohpetroleum als Rückstände wenig Schmieröle enthält, sind diejenigen des russischen Naphtha flüssiger. Die Schmieröle werden durch Einlassen überhitzten Dampfes in von außen geheizte Kessel destilliert. Die sich bei der Destillation ergebenden Produkte haben mit wachsender Temperatur ein steigendes spezifisches Gewicht und werden weniger flüchtig. Am dünnflüssigsten ist das sog. Spindelöl (spezifisches Gewicht etwa 0,9), dann folgt Maschinenöl (spezifisches Gewicht 0,91 bis 0,92) und endlich das zähflüssigste Zylinderöl (spezifisches Gewicht 0,92 bis 0,93). Alle als Schmiermittel verwendeten Destillationsprodukte sind schwersiedend und unverbrennbar. Unter hohem Druck und Temperaturschwankungen von -15°C bis etwa 300°C bleiben sie unverändert. Ihr Flammpunkt liegt zwischen 150 und 350°C . Die rohen Schmieröle sind fast schwarz, durch die mit Schwefelsäure und folgendem Auswaschen vorgenommene Reinigung ergeben sich Färbungen von hellgelb bis dunkelgrün oder braunrot. Mineralöle bilden an der Luft keine Säuren. Der Säuregehalt läßt sich durch Zusatz von etwas Kupferoxydul prüfen, wobei säurefreie Öle ihre Färbung nicht ändern.

Als Ersatz für Mineralöle hat man für kalt laufende Teile erfolgreiche Versuche mit Teerfettölen gemacht, die bei der Verkokung der Steinkohle gewonnen werden und dunkel gefärbt sind. Für heiße Teile sind sie zur Schmierung nicht geeignet. Glycerinlösung wird für Sauerstoffkompressionszylinder benutzt, ferner werden besondere Transformator- und Turbinenöle hergestellt.

5. Die **Auswahl der Fette** für den technischen Gebrauch muß unter Berücksichtigung der für die entsprechenden Temperaturen und Geschwindigkeiten in Betracht kommenden Konsistenz erfolgen. Meist kommen von den Fetten Gemische in den Handel, die von den Fabrikanten nach oft geheim gehaltenen Rezepten hergestellt werden. Die bekanntesten sind die sog. konsistenten Maschinenfette, im wesentlichen Gemische von Tier- und Pflanzenölen, sowie Fette mit Mineralölen und Kalk. Meist enthalten sie 70 bis 85% Mineralöl, 20 bis 10% fettes Öl und 5 bis 2% Kalk. Die Anforderungen an konsistentes Maschinenfett erstrecken sich auf helle Farbe, gleichmäßige Zusammensetzung, Abwesenheit von mechanischen Verunreinigungen, möglichst geringem Wassergehalt, nicht über 2%, ebenso Gehalt an Kalkseifen nicht über 10%. Außerdem muß Säure- und Alkalifreiheit, sowie das Nichtvorhandensein von harzigen Beimengungen gefordert werden. Konsistentes Fett (Starrschmiere) wird für schwer belastete Lager und Gleitflächen verwendet.

Bei der Wahl eines Schmieröls ist außer seiner Schmierfähigkeit auch das Anwendungsgebiet zu beachten. Für Dampfzylinder (Ventile, Kolben, Schieber) kommen zweckmäßig zähflüssige, hochsiedende Zylinderöle, mit einem bei etwa 250° C liegenden Entflammungspunkt und einem spezifischen Gewicht von 0,91 bis 0,915 zur Verwendung, für Gas- und Petroleummotoren hochsiedende, helle Mineralöle, mit einem mindestens bei 300° C liegenden Flammpunkt, für schwer belastete Lager und Gleitflächen schlüpfrige, nicht zu dünne Mineralöle, die dickflüssiger sind als Rüböl, mit einem bei etwa 170° C liegenden Flammpunkt, für leichter belastete Lager für Wellenleitungen usw. Mineralöle, die etwas dünnflüssiger sind als Rüböl, für feinere Maschinenteile dünnflüssige schlüpfrige Öle. Im allgemeinen sind die weniger viskosen Öle besser für in Bewegung befindliche Maschinen-

teile. Die mehr viskosen (meist dunkleren) dienen für Zylinder-schmierung, da sie hitzebeständiger sind.

Mineralöle zeigen einen bedeutend veränderlicheren Flüssigkeitsgrad als z. B. Rüböl, während organische Öle in der Regel eine stärkere Adhäsion als Mineralöle besitzen. Will man ein organisches Öl durch Mineralöl ersetzen, so ist es zweckmäßig, letzteres etwas dickflüssiger als das erstere zu wählen.

6. Bei der Prüfung der Schmieröle kommen der Kältepunkt, der Entflammungspunkt und der Flüssigkeitsgrad (Viskosität) in Frage.

Da manche Öle in der Kälte steif werden, so pflegt man die Temperatur bei der das Öl unter gewissen Bedingungen noch eine bestimmte Beweglichkeit hat, als Kältepunkt zu bezeichnen, während unter Entflammungspunkt diejenige Tem-

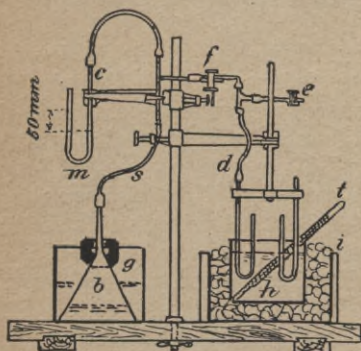


Abb. 13.

peratur verstanden wird, bei der die aus dem Öl sich entwickelnden Gase durch eine Flamme von bestimmter Größe entzündet werden.

a) Der Kältepunkt kann durch einen Apparat ermittelt werden, der die Herstellung eines gleichmäßigen Luftdruckes von 50 mm Wassersäule und die Abkühlung des Öls auf eine bestimmte Temperatur gestattet. In einem Glase g (Abb. 13) befindet sich ein umgestülpter gewichtsbeschwerter Glastrichter b, an den durch einen Gummschlauch s und ein T-Stück f ein Manometer m angeschlossen ist. Wird Wasser in das Ge-

fäß g und das Rohr c gefüllt, so wird sich die Spannung der im Trichter eingeschlossenen Luft im Unterschiede der beiden Niveaus im Rohr zeigen.

b) Zur Feststellung des Entzündungspunktes wird das zu untersuchende Öl (Abb. 14) in einen zylindrischen glasierten Porzellantiegel a von 4 cm Durchmesser und 4 cm Höhe gebracht, der in eine halbkugelförmige Blechschale b von 18 cm Durchmesser gestellt wird. Letztere wird 1,5 cm hoch mit feinem Sande gefüllt.

Ein an einem Ständer befestigtes Thermometer t, von 100 bis 200° C reichend, taucht in den Porzellantiegel a. Unter das Sand enthaltende Gefäß wird ein Bunsenbrenner aufgestellt und die Entzündung der Öldämpfe durch ein Zündrohr mit Gummischlauch bewerkstelligt. Das Öl wird in den Porzellantiegel bis auf 1 cm vom Rande angefüllt und auf den Sand gesetzt, aber nicht in

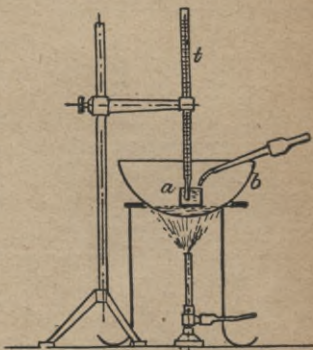


Abb. 14.

diesen eingehüllt. Das Quecksilbergefäß des Thermometers muß dabei völlig mit Öl bedeckt sein. Von 100° C an muß die Erhitzung des Öls langsam vor sich gehen, so daß eine Überhitzung vermieden wird. Hat das Öl die Temperatur erreicht, bei der die Prüfung vor sich gehen soll, so wird die auf 10 mm Länge eingestellte Zündflamme gleichmäßig und langsam einmal über den Porzellantiegel 4 Sekunden lang geführt, so daß sie aber nur mit den sich entwickelnden Öldämpfen, nicht mit der Oberfläche oder dem Rand des Tiegels in Berührung kommt. Die Prüfung beginnt, sowie das Öl eine

Temperatur von 120°C erreicht hat, und wird bis 145°C von 5 zu 5°C , von 145°C an von Grad zu Grad wiederholt.

Die Erwärmung ist so lange fortzusetzen, bis bei Annäherung der Zündflamme ein vorübergehendes Aufflammen über der Oberfläche oder eine schwache Explosion eintritt.

c) Die Schmierfähigkeit der Öle und Fette ist um so größer, je mehr sie genügende Adhäsion an den zu schmierenden Materialien besitzen und je geringer die Kohäsion, also die innere Reibung ist. Die Adhäsion der Fette ist im allgemeinen größer als die der Öle.

Um die Schmierfähigkeit, die vom Flüssigkeitsgrad bedingt ist, in einfacher Weise festzustellen, pflegt man häufig einige Tropfen Öl auf eine gereinigte glatte Schwarzblechtafel zu bringen, wobei das Öl, das am schlüpfrigsten ist und am längsten flüssig bleibt, den längsten Strich ergibt. Unter Flüssigkeitszahl versteht man das Verhältnis der Zeit, in der das zu untersuchende Öl aus einem Gefäß von bestimmter Größe ausfließt, zu derjenigen des Ausflusses einer gleichen Menge Wasser. Zur Untersuchung des Flüssigkeitsgrades sind eine Reihe von Viskosimetern oder Ölprüfungsapparaten konstruiert worden, wir nennen die von Dettmar und Engler, in betreff deren auf die Spezialliteratur verwiesen werden muß, ebenso in bezug auf andere spezielle Apparate zur genauen Bestimmung des Flammpunktes und des Kältepunktes.

Das Viskosimeter von Engler (Abb. 15) besteht in der Hauptsache aus einem innen vergoldeten Messinggefäß *a* von 240 ccm Inhalt, mit einem Ablaufrohr aus Platin, das sich durch einen Holzpfropfen verschließen läßt. Das ablaufende Öl von bestimmter Temperatur fließt in ein Gefäß *g* mit bestimmtem Inhalt von 200 ccm, und der Quotient aus der erforderlichen Ausflußzeit des Öls und einer gleichen Menge Wassers von 20°C wird Flüssigkeitsgrad genannt, der mit der größeren Schwerflüssigkeit verschiedener Schmierölsorten

steigt. Die gewünschte Temperatur des zu prüfenden Öls läßt sich durch ein mittels Gasbrenner erhitztes Öl- oder Wasserbad erreichen.

Natürlich können Viskositätsmessungen stets nur ein vergleichendes Ergebnis liefern, da ein allgemein anerkannter Maßstab für den Flüssigkeitsgrad von Ölen nicht vorhanden ist.

Allgemeine Grundsätze für die Prüfung von Mineralölen sind vom deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik 1900 aufgestellt worden, ebenso durch Erlass des preussischen Ministers der öffentlichen Arbeiten.

d) Die Schmiermittel für Maschinenschmierung müssen vor allem genügend schlüpfrig sein, da die geringe Abnutzung der Gleitflächen vorwiegend maßgebend ist, an zweiter Stelle steht erst das Kaltlaufen; ebenso kommt für das Schmiermaterial von Dampfzylindern und Schieberkasten nicht die Kohäsion des Öls, sondern nur die Schlüpfrigkeit in Betracht. Bei raschlaufenden Maschinen dagegen steht die Kohäsion (Zähflüssigkeit) an erster Stelle. Der geringere Verbrauch von Schmiermaterial hängt im allgemeinen von der größeren Kohäsion und Adhäsion des Schmiermaterials ab.

Bei der Auswahl von Ölen für Dampfzylinder muß die Viskosität des Öls der Geschwindigkeit und bei liegenden Maschinen auch dem Gewicht des Kolbens angepasst sein. Für langsamlaufende und große Maschinen ist ein Öl von hoher

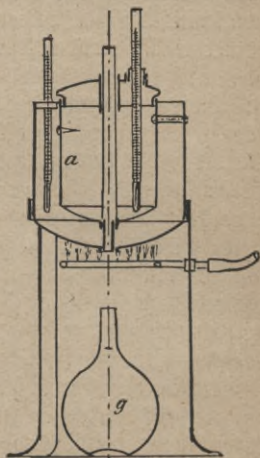


Abb. 15.

Viskosität erforderlich, bei raschlaufenden Maschinen kann sie niedriger gewählt werden. Unter allen Umständen ist übergroße Flüssigkeitsreibung oft die Quelle großer Kraftverluste.

Auch die Farbe kann für die Reinheit einen gewissen Maßstab abgeben. Fluoreszierende Mineralöle erhalten ihre Farbe durch die Filtrierung durch tierische Kohle, die einen großen Teil von paraffinhaltigen Körpern zurückhält, die keine schmierenden Eigenschaften besitzen. Die schwarze Farbe unfiltrierter Mineralöle rührt von Teilchen freien Kohlenstoffs her, durch die die Gleichförmigkeit der Ölschicht zwischen den zu schmierenden Flächen beeinträchtigt wird. Bei ungenügender Raffinierung enthält Mineralöl oft Spuren von Schwefel, die sich mit ziemlicher Sicherheit dadurch nachweisen lassen, daß man das Öl eine Viertelstunde lang bei etwa 150°C erhitzt. Schwefelfreies Öl ändert nach dem Erkalten seine Farbe nicht, schwefelhaltiges dunkelt nach.

7. Die Verwendung des **Graphits** als Schmiermittel erfordert größte Reinheit desselben, die sich in dem Flockengraphit (Ticonderaga-Graphit) findet. Während Graphit als Zusatz zu Ölen und Fetten schon seit langem gebräuchlich war, speziell für sehr schwer belastete Lager, hat die Benutzung des mit Wasser verdünnten oder unvermischten Graphits sehr zugenommen, z. B. für Zylinder, Schieber und Triebwerke. Besonders seitdem sich die Anwendung von überhitztem Dampf sehr gesteigert hat, bietet sich in diesem Material für Stopfbüchsen und Zylinder wegen seiner hohen Entzündungstemperatur ein guter Schmierstoff. Bei Verschmierung treten in den Zylindern von Kompressoren öfter Zylinderexplosionen auf, die bei Verwendung von Graphit in Fortfall kommen. Die Wirkung der Graphitschmierung bei angegriffenen Zylinder- oder Lagerflächen beruht darauf, daß, wenn der Graphit in kleinen Mengen, mit Öl oder Wasser vermischt, oder auch rein zugeführt wird, die entstandenen Unebenheiten

durch einen glänzenden, fest anhaftenden Graphitüberzug wieder ausgefüllt werden, indem sich der Graphit im Öl niedersetzt. Auch Warmlaufen kann durch reichliche Graphitzuführung wirksam und schnell bekämpft werden. Graphit hat eine sehr bedeutende Schmierfähigkeit, macht, Schmierölen mit 0,3 bis 0,5% zugesetzt, diese dickflüssiger und haftet sehr fest an den Gleitflächen. Durch Zusatz von 15 bis 20% Graphit läßt sich der Ölverbrauch von Dampfsylindern bis etwa auf ein Drittel vermindern, auch trocken ist hier Graphit mit Vorteil verwendbar. Für besondere Zwecke, z. B. Zahnradschmiere, leistet der Zusatz von Graphit gute Dienste. Für Eisen auf Eisen vermengt man Tropföl mit 4 Teilen Talg und 1 Teil Graphit. Für Holz auf Eisen 1 Teil Graphit mit 10 Teilen Talg und 1 Teil Schmierseife, oft findet sich auch Wachs hinzugesetzt.

Ein trocknes Schmiermittel für Zapfenlager ist auch die sog. Metalline, eine graphitische, in der Härte dem Blei nahestehende Masse. Sie scheint ein Gemisch von Blei, Magnesia, Zinn, Zink, Kupfer, Tonerde und Paraffin. Auch Kohlenstoff, Silizium, Kalk und Eisenoxyd sind bei Analysen nachweisbar.

Die Verwendung des Wassers als Schmiermaterial spielt da eine Rolle, wo Zapfen oder Wellen auf mit Holz ausgefütterten Lagern laufen, außerdem manchmal für Laufzapfen von Turbinen.

II. Anstriche.

Eisenanstriche verfolgen den Hauptzweck, das Eisen vor dem Rosten zu schützen (vgl. S. 39).

Als Bindemittel wird für Eisenanstrichfarben fast ausschließlich Leinöl benutzt. Als Grundfarbe dient Mennige mit Leinölfirnis, entweder Eisen- oder Bleimennige.

Eine große Anzahl von sog. Rostschutzfarben, die unter verschiedenen Namen in den Handel kommen (Schuppenpanzerfarben, Bessmerfarben), enthalten Eisenmennige, das einen möglichst großen Gehalt an Eisenoxyd besitzen muß. Auch Graphit findet sich häufig als Farbbeimengung.

Um Rässe fern zu halten, wird vielfach ein Überzug von reinem Leinölfirnis benutzt; ebenso hat sich flüssiger Asphaltteer, mit einer Bürste aufgetragen, als Eisenüberzug bewährt.

a) Schmiedeeiserne Maschinenteile werden nach gründlicher Reinigung mit einem Firnis von folgender Zusammensetzung gestrichen: Man gibt 47 Teile Bleiglätte oder Bleimennige, 97 Teile gekochtes Leinöl und 5 Teile Zinkvitriol zu 48 Teilen geschmolzenem Asphalt und setzt zu der erkalteten Mischung vor jedem Gebrauch 300 Teile Terpentin.

Schwarzbleche werden mit Leinölfirnis und Mennige als Grundfarbe gestrichen. Als Deckanstrich dienen verschiedene Mischungen, z. B. 3 Teile Bergkreide, 1 Teil gebrannter Erde mit fettem Leinöl oder 0,5 kg Bleiweiß, 0,5 kg Grünspan und 1,5 kg fettem Leinöl.

b) Gußeisenteile werden ebenso mit Grundfarbe behandelt wie Schmiedeeisen, auf diese wird die eigentliche Farbe gebracht, meist Lackfarbe.

Die Eisenanstrichfarben und Lackfarben sind in großer Mannigfaltigkeit im Handel erhältlich.

c) Rotguß- und Messingteile werden oft mit denselben Mitteln wie Gußeisen behandelt.

d) Blankbeizen dieser Teile erfolgt durch die sog. Brennen, die verschiedene Zusammensetzung haben. Eine vielfach verwendete Brenne besteht aus einem Gemisch von Salpetersäure von 36° Baumé, zu der man Schwefelsäure

von 66° Baumé hinzugießt. Zu der Mischung wird nach einiger Zeit etwas Ruß und Kochsalz hinzugegeben. Zum Gebrauch erwärmt man die einige Tage alte Brenne auf 20 bis 30° C in einem Wasserbad.

III. Ritte.

Die im Maschinenbau verwendeten Ritte sollen entweder Materialien aufeinander befestigen oder fehlerhafte Stellen in Gußstücken ausfüllen, um die Gefahr des Krostens der Fehlerstellen zu beseitigen, oder sie werden als Dichtungsmittel da verwendet, wo große Unebenheiten der Dichtungsflächen, ihre Lage oder Form andere Dichtungsmittel nicht gestatten.

1. Befestigungskitte

a) Zur Befestigung von Eisen auf Eisen müssen die zu verbindenden Teile gut gereinigt werden. Ein vielfach gebrauchter Kitt besteht aus einer innigen Mischung von 3 Teilen Borax, 3 Teilen Bleiweiß und 3 Teilen Schwefel. Der Kitt ist, nachdem die Flächen mit konzentrierter Schwefelsäure bestrichen sind, dünn aufzutragen, wobei die betreffenden Teile fest zusammengespannt werden müssen. Nach 6 bis 7 Tagen hat der Kitt seine volle Festigkeit erreicht.

Ein anderer Kitt besteht aus 2 Teilen Salmiak, 1 Teil Schwefelblume, die unter Zusatz von Eisenfeilspänen in Essig oder Wasser zu einem dicken Brei gemengt werden.

b) Zur Verbindung dünner Metallbleche wird vielfach ein wenig Salpetersäure mit Hausenblase verwendet.

c) Um Dampfgefäße zu fitten, hat sich eine als Diamentkitt bezeichnete Mischung von 50 Teilen fein gemahlenem Graphit, 16 Teilen Bleiglätte, 15 Teilen Schlammkreide und 16 Teilen Leinölfirnis sehr gut bewährt.

d) Um Eisen in Stein zu befestigen, und zum Dichten von Rohren dient eine zu Brei gemengte Mischung von 4 Teilen Ziegelmehl, 1 Teil Eisenfeilspänen und 4 Teilen gepulvertem hydraulischen Kalk oder ein Gemisch von Eisenfeilspänen mit Gipsmörtel oder Portlandzement.

Außerdem sind verschiedene Zusammensetzungen im Handel, wie Atlas-Bleizement, Mischungen von Schwefel mit Schwefelmetallen, Metallzement usw.

e) Ein Kitt für die Befestigung von Leder auf Eisen wird durch Auflösen von angewärmtem Leim in Essig unter Zusatz von weißem Terpentin hergestellt, wobei zur Verdünnung wieder Essig zugefügt werden muß. Die Mischung wird auf das vorher mit Bleiweiß oder Rienruß bestrichene Eisen warm aufgebracht und das Leder angepreßt.

2. Koftkitte usw.

a) Zum Auskitten von Gußstücken wird der folgendermaßen hergestellte Kitt vielfach verwendet: Zu 8 Teilen geschmolzenem gelbem Wachs rührt man 24 Teile fein gesiebte Gußeisenspäne, fügt 2 Teile Fichtenharz und 1 Teil Talg hinzu und läßt die Mischung $\frac{1}{2}$ Stunde kochen. Die auszukittenden Stellen müssen gründlich gereinigt werden, worauf man den erkalteten Kitt in und auf die Löcher und Poren des Gußstückes bringt und mit einem glühenden Flacheisen glättet. Der Kitt wird fast so fest wie das Gußeisen.

b) Um die Fugen von Dampf- und Wasserrohren zu kitteln, stellt man ein Gemisch von 60 Teilen feingesiebten Eisenspänen, 2 Teilen Salmiak und 1 Teil Schwefelblume her, das man in Wasser anmacht, wobei noch Essig oder etwas Schwefelsäure hinzugesetzt wird.

Ein anderer, denselben Zwecken dienender Kitt besteht

aus 35 Teilen Eisenbohrspänen, die mit 2 Teilen Salmiak und 1 Teil Schwefel zu einem dicken Brei angerührt werden.

c) Ein in Glühhitze beständiger Eisenkitt besteht aus 2 Teilen Ton, 4 Teilen Eisenfeilspänen und 1 Teil zerstoßenen Scherben von Schmelztiegeln oder auch 1 Teil Schamotte, die mit Kochsalzlösung zu einem Teige gerührt werden.

Ein nicht dem Feuer, aber der Kälte und Wärme gut widerstehender Kitt für Dampf- und Gasleitungsröhren besteht aus 5 Teilen Bleiweiß, 2 Teilen Mennige und 4 Teilen getrocknetem, fein zerriebenem Pfeifenton, die mit Leinölfirnis angerieben werden.

Eine häufig verwendete Legierung zum Ausfüllen von Gußteilen, die sich beim Erkalten ausdehnt und dadurch die Löcher ausfüllt, besteht aus 9 Teilen Blei, 2 Teilen Antimon, 1 Teil Wismut.

Ein Kostkitt für Eisen in Stein oder Eisen in Eisen läßt sich herstellen, indem man 1 Teil Schwefelblume und 2 Teile Salmiak unter Zusatz von Feilspänen mit Essig oder Wasser zu einem steifen Brei anrührt.

3. Dichtungskitte.

a) Mennigkitt, zusammengesetzt aus Bleiweiß, Mennige und Leinölfirnis, läßt sich unter Wasser lange aufbewahren. Der Kitt wird in 2 bis 5 mm dicken Lagen zwischen die zu dichtenden Flächen gelegt.

b) Einen wasserdichten Kitt für Wasserleitungsröhren erhält man durch Auflösen von 140 g Kolophonium in 280 g siedendem Leinöl, wozu etwa 3 kg eines Gemisches, bestehend aus 24 Teilen hydraulischem Kalk, 8 Teilen Bleiweiß,

2 Teilen Silberglätte und 1 Teil Kolophonium, warm gemengt werden.

c) Ein Glycerinkitt, der Säuren und Wasser bis etwa 200° C widersteht, besteht aus geschlämmter, trockener Bleiglätte, die mit Glycerin verrieben wird und nach $\frac{1}{2}$ Stunde erhärtet.

d) Ein Kitt für Glas-, Dampf- und Wasserleitungsrohren besteht aus einem mit Leinölfirnis zu einem Teig gekneteten Gemenge aus trockenem und fein gemahlenem Romanzement, Kalk und Lehm.

Vielsach verwendet wird als Dichtungskitt für im Metall undichte Zylinder, Pumpenstiefel usw. die Mischung von 6 Eßlöffel Schwefelblüte, 1 Eßlöffel Roggenmehl in Wasser, dem 0,1 bis 0,2 kg Salmiak zugesetzt sind. Der Kitt wird auf die porösen Gußstellen gestrichen und unter Wasser in die Poren des Gußeisens eingedrückt. Kleinere undichte Stellen werden durch die in 24 Stunden erhärtende Masse gedichtet.

e) Die Graphit- oder Mastixkitt dienen zum Abdichten von Röhren, Ausfüllen unschöner Stellen in Eisen- und Gußwaren. Sie werden zusammengesetzt aus 50 Gewichtsteilen Graphit, 50 Gewichtsteilen Braunstein, 6 Gewichtsteilen Bleiweiß, 3 Gewichtsteilen Ton und so viel Leinölfirnis, wie zur Bildung der Kittmasse nötig ist; oder 50 Gewichtsteilen Graphit, 10 Gewichtsteilen Kreide, 15 Gewichtsteilen Bleiglätte, 5 Gewichtsteilen Kalkhydrat und 20 Gewichtsteilen Leinölfirnis; oder 60 Gewichtsteilen Graphit, 60 Gewichtsteilen Schwerpat, 30 Gewichtsteilen Kalkhydrat und 20 Gewichtsteilen Leinölfirnis.

Unter Mastix-Serbat versteht man einen durch Leinöl zu verdünnenden Braunsteinkitt, der fertig bezogen werden kann und gegen Wärme eine gute Widerstandsfähigkeit besitzt.

IV. Kurze Übersicht der wichtigsten Formmaterialien.

	Formsand		Lehm
	Magerer oder grüner Sand	Fetter Sand (Masse)	
Zusammen- setzung	5—10 % Tongehalt	Mehr als 15 % Tongehalt	Durchschnittlich: 55 % SiO ₂ , 29 % Al ₂ O ₃ , 1,5 % Fe ₂ O ₃ , 0,5 % CaO, 0,4 % MgO, 1,6 % T. Alkalien ∞ 1,5 %.
Gewinnung und Aufbereitung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durch Graben oder Maschinen von Sandstein. 2. Mahlen in Trommeln, Kugelmøhlen, Kollergängen. 3. Mischen mit ∞ 10—12 % Steinkohlenmehl, Koks, Graphit, Holzkohlenstaub, um Anfröten zu vermeiden. Sehr fette Masse wird durch Sand gemagert. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Trocken in Kollergängen mahlen. 2. Schlämmen. 3. Verfehen mit Pfertdung, Kuhdünger, ehadten Kuhhaaren, Torfmehl, Gerberlof Spreu. 4. Mischen in Mischmaschinen. 5. Verfehen mit Wasser teigtiger Form.
Eigenschaften und Anforderungen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bildsamkeit durch Wasserzusah. 2. Durchlässigkeit für Gase und Dämpfe. 3. Scharfkantige Körnung. 4. Die Durchlässigkeit steigt mit dem Tongehalt. 5. Feiner Sand ist weniger durchlässig als gröberer. 6. Feiner Sand erzeugt glatte Gußflächen. Grober Sand erzeugt raue Gußflächen. 7. Wasser Sand bindet nur solange er feucht ist. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sehr große Bildsamkeit mit Hand oder Schblonen. 2. Schmelzpunkt nicht unter 1750° C. 3. Wenig durchlässig. 4. Leicht Risse bildend. 5. Großes Schwindmaß 	
	8. Wasser Sand ergibt harte Gußhaut.	Die Gußstücke erhalten keine Gußhaut.	
Verwendung	Für die überwiegende Anzahl der vorkommenden Gußstücke.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Für längere Zeit beanspruchende Formen. 2. Wenn Beschädigung durch hohen Druck zu befürchten ist. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Für Kerne. 2. Für große wertvolle Gußstücke.
Behandlung der Form		Zur Wasserentfernung müssen die Formen getrocknet werden.	Die Formen müssen schgetrocknet werden.

V. Putzmaterialien.

Zum Putzen von Maschinen usw. werden besonders Berg oder Hede, Putzwolle und Putztücher verwendet.

a) Hede oder Berg saugt Öl nur langsam auf und ist daher zur Entfernung fettiger Flüssigkeiten nicht geeignet, sondern nur für Wasser und wässrige Flüssigkeiten. Bei wiederholter Waschung wird Hede leicht brüchig.

Berg besteht aus den beim Hecheln des Flachses von den Zähnen der Hechel zurückgehaltenen kürzeren Fasern, die außerdem zu minderwertigen Seilerarbeiten verwendet werden.

b) Putzwolle besteht aus Abfällen der Textilindustrie, deren beste Qualität, die weiße gewaschene Putzwolle, besonders zum Putzen von wertvollen Maschinen, wie Dampfmaschinen, Dynamomaschinen, Elektromotoren usw., benutzt wird.

Außer der weißen wird auch für mindere Zwecke bunte Putzwolle benutzt, ebenfalls kommen Juteabfälle zur Verwendung, die langfaserig sein müssen und keine Spinnknoten aufweisen dürfen.

c) Putztücher werden gewebt und gestrickt hergestellt und haben den Vorteil, sich oft reinigen zu lassen. Gestrickte Putztücher sind dauerhafter als aus Baumwolle gewebte und teurer als Putzwolle.

Putzlappen bestehen aus unsortierten Abfällen und werden für teure Maschinen seltener benutzt.

Putzwolle, Tücher und Lappen werden zweckmäßig in heißen Seifen- und Sodalaugen gereinigt.

d) Die gebrauchten Putzmaterialien sind infolge des aufgesaugten Fettes höchst feuergefährlich, da sehr häufig Selbstentzündung eintritt.

Neben den aufgeführten Pußmaterialien sind Petroleum, Rienöl, Pußöl, Seife und Talg Pußmaterialien, um grobe Verschmutzungen zu beseitigen.

Zum Pußen polierter Bestandteile aus Messing, Rotguß usw. werden vorzugsweise Schamottmehl und Wiener Kalk verwendet.



Sachregister.

- Abstreifen 43.
Abt 23.
Admosbronze 81.
Allehardstahl 46.
Alpaka 89.
Aluminium 13, 53, 65.
Aluminiumbronze 81.
Aluminiumlot 100.
Aluminiummessing 87.
Aluminiumsilber 89.
Alundum 103.
Ambroin 123.
Amiamit 123.
Anlaßtemperatur 48.
Anlauffarben 47.
Anstriche 141.
Antifraktionsmetall 92.
Antimon 64.
Antioxyd 41.
Argentan 76.
Arguzoid 89.
Argyrophan 89.
Asbest 109.
Asphalt 126.
Atakamit 59.
Atherinum 90.
Atlas-Bleizement 144.
Austenit 7.
Australit 123.
Azetatdraht 114.
- Babbitmetall 92.
Balata 114.
Banka-Zinn 72.
Baumöl 132.
Baumwollriemen 125.
Bauxit 103.
Befestigungskette 143.
Bergleder 109.
Bessemer-Verfahren 19.
Binäre Legierungen 45.
Blei 62.
Bleiblech 63.
Bleibraht 63.
Bleierze 62.
Bleifolie 63.
Bleiglätte 64.
Bleilegerungen 90.
- Bleirohre 63.
Blockzinn 72.
Bogenlichtkohle 116.
Brauneisenstein 5.
Brennen 142.
Britanniametall 91, 92.
Bronzen 77.
Bugmessing 86.
Buntkupfererz 59.
- Cer 93.
Chemische Bestandteile des Eisens, Einwirkung 14.
Chrom 51.
Chrom-Nickelbronze 84.
Chrom-Nickelstahl 46.
Chrom-Siliziumstahl 45.
Chrom-Wolframstahl 33, 152.
- Defalesenzpunkt 43.
Deltametall 87.
Diamantbronze 83.
Diamantin 103.
Diamantit 103.
Diatomit 120.
Dichtungskitte 145.
Dinastene 130.
Dochtkohle 116.
Dolomitsteine 131.
Doppelbronzedraht 83.
Drahtglas 108.
Drittelsilber 89.
Duranometall 90.
Duranametall 81, 87.
Dynamostahl 32.
- Esbonit 112.
Edelrost 79.
Eichmetall 87.
Einsätzen 23.
Eisen und Stahl, Einteilung für technische Zwecke 5, 9.
Eisenerze 5.
Eisengummi 113.
Eisenfitt 145.
Elektrit 104.
- Elektron 93.
Entflammungspunkt 136.
Ernolith 113.
Erzeugnisse des Hochofens 23.
Eutektische Legierungen 74.
Erzelsior 123.
- Faserseile 123.
Feinkorneisen 8.
Ferrit 6.
Ferromangan 10, 14.
Festigkeit, Einfluß der chemischen Bestandteile auf 38.
Fette 132.
Fetter Sand 147.
Feuerfeste Steine 130.
Fibroin 119.
Fitz 121.
Fizit 123.
Floßen 11.
Fluorlot 97.
Flußeisen 18.
Flüssigkeitsgrad 138.
Flußmittel 97.
Flußstahl 22.
- Galalith 123.
Gänze 11.
Garnierit 67.
Gelbguß 85.
Gerbstahl 22.
Gesättigter Stahl 43.
Geschüßbronze 79.
Glas 108.
Gliederriemen 124.
Glimmer 107.
Glockenbronze 79.
Glühfarben 8, 42.
Glykometall 91.
Glycerinfitt 146.
Goldbronze 83.
Granit 128.
Graphit 9, 115, 140.
Graphitfitt 146.
Grüner Sand 147.

- Andron 126.
 Gummi 111.
 Gummiaderleitung 114.
 Gummiriemen 125.
 Gußeisen 12.
 Guttapercha 114.
 Halbirtes Roßeisen 9.
 Halbspiegeleisen 11.
 Hammeltalg 133.
 Hammergares Kupfer 59.
 Handelskupfer 59.
 Hartblei 63, 90.
 Härten 22, 47.
 Härtetemperatur 43.
 Hartguß 12.
 Harttaufschieß 112.
 Hartlote 97.
 Härtungsfohle 9.
 Hebe 148.
 Herdflußeisen 20.
 Holzteer 127.
 Homogenfohle 116.
 Höpfermetall 81.
 Hysteresis 30.
 Infusorienerde 105.
 Invarstahl 45.
 Isolast 113.
 Isolierstoffe der Elektro-
 technik 122.
 Isolierstoffe für Wärme 119.
 It-Platte 110.
 Kältepunkt 136.
 Kamptulifon 113.
 Kapasbest 110.
 Karbidfohle 18.
 Karborund 102.
 Kautschuk 111.
 Keilriemen 124.
 Kerneisen 10.
 Kieselgur 105, 120.
 Kiste 143.
 Klauenöl 133.
 Klingerit 110.
 Knochenöl 133.
 Kobalt 53.
 Koerzitivkraft 32.
 Kohle 115.
 Kohlenstoff 50.
 Kohlenstoffstahl 44.
 Kohlenstoffsteine 131.
 Kohlenstoff = Vanadiumstahl
 47.
 Kofillenguß 12.
 Komponddraht 83.
 Konstante Fette 135.
 Konstantan 76, 88.
 Korksteine 121.
 Körnerzinn 72.
 Korubin 104.
 Korund 102.
 Kritischer Punkt beim Här-
 ten 43.
 Kruppin 76, 92.
 Kryolith 98.
 Kunstbronze 79.
 Kupfer 59.
 Kupferblech 61.
 Kupferdraht 62.
 Kupfererze 59.
 Kupferlot 100.
 Kupfer-Nickellegierungen
 88.
 Kupferrohre 61.
 Kupfer-Zinnlegierungen 84.
 Kupfer-Zinnlegierungen 78.
 Lagermetall 91.
 Lasuren 59.
 Leder 123.
 Legierungen 73.
 Lehm 120, 128.
 Lehmguß 12.
 Leichte Legierungen 93.
 Leicht schmelzbare Legie-
 rungen 93.
 Leinölfirnis 41.
 Leitungsfähigkeit, elektrische
 94.
 Lerohs-Schutzmasse 121.
 Letterummetall 91.
 Lichtenbergs Metall 93.
 Lipowig' Metall 93.
 Lithargo 105.
 Lithopon 41.
 Lohys 35.
 Lötfett 98.
 Lötstoffe 95.
 Lötwasser 98.
 Magnalium 89.
 Magnesitsteine 130.
 Magneteisenstein 5.
 Malachit 59.
 Mangan 14, 54.
 Manganbronze 83.
 Manganin 84, 88.
 Mangankupfer 89.
 Mangan-Siliziumstahl 35.
 Martensit 7.
 Maschinenbronze 81.
 Maschinenriemen 123.
 Masse 147.
 Masseguß 12, 147.
 Mastixfit 146.
 Medaillenbronze 79.
 Nennigfit 145.
 Messing 85.
 Metalline 141.
 Metalltuch 81, 86.
 Metallzement 144.
 Mitanit 107, 122.
 Mineralöle 134.
 Mitisguß 17.
 Molybdän 51.
 Monelmetall 88.
 Mungmetall 87.
 Mushetstahl 48.
 Naturharter Stahl 44, 48.
 Nagoschmirmel 102.
 Neu-Schnellstahl 56.
 Neusilber 76, 88.
 Newton d'Arcets Metall 93.
 Nidel 53, 67.
 Nidelin 89.
 Nidestahl 45.
 Öle 192.
 Ölhardtung 58.
 Ölbenöl 132.
 Ölpeametal 84.
 Osmium 117.
 Osmondit 7.
 Ostram 93.
 Papier, Fappe 108.
 Paragummi 111.
 Patina 79.
 Pech 127.
 Perit 6.
 Permeabilität 28.
 Pflanzenöle 132.
 Phosphorbronze 81.
 Platin 68.
 Platin-Iridium 68.
 Platinit 45.
 Platinoid 77.
 Platin-Rhodium 68.
 Portlandzement 129.
 Porzellan 107.
 Preßspan 109.

- Puddingstein 180.
 Pulvolit 123.
 Pulzlappen 148.
 Pulzmaterialien 148.
 Pulztuch 148.
 Pulzvolle 148.
 Phosphore Legierungen 93.
 Quarzglas 108.
 Quaternäre Legierung 44.
 Raffinierstahl 22.
 Réaumur'sche Legierung 65.
 Reflektanz 8, 44.
 Resonanz 31.
 Rheotan 76.
 Rindertalg 133.
 Rizinusöl 132.
 Roheisen 5, 9.
 Roheisen, halbiertes 9.
 Roheisen, weißes 9.
 Rohhaut 125.
 Rohmangan 10.
 Rollenrinne 72.
 Rotes Metall 93.
 Rosettenkupfer 60.
 Rosette 144.
 Rostschutzmittel 39.
 Rosteisentein 5.
 Rotgluthärte 49, 50.
 Rotguß 85, 86.
 Rotgußbronze 81.
 Rotharter Schnellstahl 56.
 Rottkupfererz 59.
 Rübelbronze 88.
 Rübel'sches Leichtmetall 93.
 Rübelöl 132.
 Rundriemen 124.
 Sandguß 147.
 Sandstein 128.
 Säurebronze 83.
 Schamottesteine 130.
 Schlackenwolle 120.
 Schlaglot 96.
 Schleifmittel 101.
 Schmalzöl 134.
 Schmelzzinn 70.
 Schmiedbares Eisen 8, 18.
 Schmiedbarer Guß 16.
 Schmierfähigkeit 138.
 Schmierstoffe 131.
 Schmirgel 102.
 Schnellstahl 44, 49, 96.
 Schweinefett 133.
 Schweifeisen 18, 19.
 Schweißpulver 98.
 Schweißstahl 21.
 Seide 119, 120.
 Seigern 75.
 Selbsthärter 44, 48.
 Sericin 119.
 Siemens-Martin-Verfahren 20.
 Silber 68.
 Silberlot 100.
 Silizium 54.
 Siliziumbronze 84.
 Siliziumgehalt 13.
 Sorbit 7.
 Spateisenstein 5.
 Spindelöl 134.
 Spreemetall 84.
 Stahl 21, 42.
 Stahlbronze 83.
 Stahlformguß 16.
 Stahllegierungen 42, 44.
 Stahlote 99.
 Stalloy 35.
 Stangenkupfer 61.
 Steine 128.
 Stereotypiermetall 94.
 Sterrometall 87.
 Talg 133.
 Talgöl 134.
 Talkum 127.
 Tantalum 53, 117.
 Teer 127.
 Teerfettöl 134.
 Teeröl 134.
 Temperguß 16.
 Temperkohle 21.
 Ternäre Legierung 44.
 Thermit 66.
 Thomasflußeisen 20.
 Thomas-Verfahren 20.
 Tiegelstahl 22.
 Tinol 97.
 Titanium 53.
 Tombak 85, 87.
 Ton 127.
 Torfsteer 127.
 Transformatorenöl 134.
 Trostitt 7.
 Turbinenöl 134.
 Übersättigter Stahl 43.
 Unge sättigter Stahl 43.
 Vanadium 14, 152.
 Verstählen 19.
 Viskosimeter 138.
 Vulkanfaser 122.
 Vulkanisieren 112.
 Walratfett 133.
 Wärmeschutzstoffe 119.
 Wasserglas 127.
 Weichguß 17.
 Weichlautschuf 112.
 Weichlote 96.
 Weidrium 90.
 Weiniß Schutzmasse 12.
 Weißes Roheisen 9, 10.
 Weißguß 17.
 Weißgußbronze 81.
 Weißmessing 86.
 Weißmetall 91.
 Berg 148.
 Werkzeugstahl 42, 46.
 Verzinkt 69.
 Verzinn 72.
 Widerstand, Leitungs- 94.
 Wirbelströme 32.
 Wismut 64.
 Wismutlote 64, 96.
 Wolfram 50.
 Woods Metall 93.
 Zaponlack 40.
 Zemente 129.
 Zementstein 19.
 Zement 7.
 Zementmörtel 129.
 Zementstahl 21.
 Zinn 69.
 Zinnbleche 70.
 Zinnbraut 71.
 Zinkerze 69.
 Zinnrohre 70.
 Zinn 72.
 Zinnbronzen 78.
 Zinnfolie 72.
 Zinnlote 95.
 Zinnseife 72.
 Zinnstein 72.
 Zirkonerde 117.
 Zirkonglas 108.
 Zylinderöl 134.

[S - 96
 21/11

S. 61



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301281



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297956